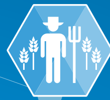
การประชุมวิชาการเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศแห่งชาติ ประจำปี 2559

GEOINFOTECH 2016

3-5 กุมภาพันธ์ 2559 | ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์


Natural Resources


Agriculture


Disaster


Urban Planning


National Security


Cartography

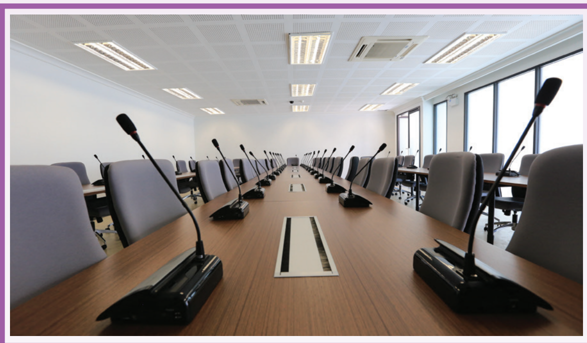
SCGI

scgi.gistda.or.th

SIRINDHORN CENTER FOR GEO-INFORMATICS

Sirindhorn Center for Geo-Informatics (SCGI) is established under the cooperation between the Ministry of Science and Technology of Thailand by Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization) : GISTDA, and Wuhan University by State Key Laboratory of Information Engineering Surveying, Mapping and Remote Sensing : LIESMARS, the People's Republic of China.





TRAINING CENTER AND GEO-INFORMATICS LABORATORY

- HRH Princess Maha Chakri Sirindhorn office
- Two 40-seat training rooms
- Two research and laboratory rooms
- 4 meeting rooms, with the capacities of 200,45, 20 and 20 audiences
- 3 reception rooms
- 1 library
- 20 rooms for offices, canteen, first-aid, storage, training media, and others

This center is a source of quality scientist incubation in development of Geo-Informatics and space technology. This center will advance education and create a knowledge based society in Geo-Informatics and space technology, not only in Thailand but also in ASEAN and Asia Pacific countries. Therefore, the activities of this center will increase and improve personnel capacity in the region to respond to current regional situation and major problems as well as enrich the institutions' intellectual and research endeavors of the region.





LOCATION

The SCGI located in Space Krenovation Park (SKP), Si Racha district, Chon Buri province,Thailand, is approximately 100 kilometers from Suvannaphumi Airport and 40 kilometers from Pattaya.

GISTDA

SCGI.GISTDA.OR.TH

GEOINFOTECH2016

CONTENTS

CONFERENCE INFORMATION

ข้อมูลการประชุม

ความเป็นมา

การประชุมวิชาการเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศแห่งชาติ GEOINFOTECH เป็นเวทีสำหรับการเสนอและเผยแพร่ผลงานวิจัยของนักวิชาการ นักวิจัย นิสิตและนักศึกษา จากหน่วยงานของรัฐและเอกชน เป็นการแสดงความก้าวหน้าของเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ การแลกเปลี่ยนความรู้และความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยและพัฒนา รวมทั้งสะสมประสบการณ์และความเชี่ยวชาญในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ อันจะนำไปสู่การเพิ่มคุณภาพชีวิตสร้างรายได้และสร้างงานแก่ประชาชนทุกระดับเพื่อให้เกิดการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) สทอภ. (GISTDA) ซึ่งเป็นหน่วยงานของรัฐ ภายใต้การกำกับดูแลของรัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (วท.) โดยมีภารกิจหลักในการพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศของประเทศไทย สทอภ. ร่วมกับ กรมแผนที่ทหาร และสมาคมวิชาชีพ จำนวน 6 สมาคม ประกอบด้วย สมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย สมาคมภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย สมาคมระบบขนส่งและจราจรอัจฉริยะไทย สมาคมการแผนที่แห่งประเทศไทย สมาคมธรณีวิทยาแห่งประเทศไทย และสมาคมการสำรวจและการแผนที่จัดประชุมวิชาการเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศเป็นประจำทุกปี

กิจกรรมของงาน GEOINFOTECH นอกเหนือจากการนำเสนอบทความวิชาการและผลงานวิจัยแล้ว ยังมีกิจกรรมอื่น ๆ อาทิ แสดงปาฐกถา การบรรยายพิเศษ เสวนาจากผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน และการแข่งขันโปรแกรมประยุกต์ด้านเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ รวมถึงการแสดงนิทรรศการและเทคโนโลยีสมัยใหม่ทั้งภาครัฐและเอกชน



วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมประชุมวิชาการฯ ได้รับทราบความก้าวหน้าของเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ
2. เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้นักวิชาการนักวิจัยนิสิตและนักศึกษาจากหน่วยงานภาครัฐและเอกชนนำเสนอและเผยแพร่ผลงานวิจัย
3. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมประชุมวิชาการฯ ได้แลกเปลี่ยนความรู้และความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยและพัฒนารวมทั้งสะสมประสบการณ์เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศในสาขาต่าง ๆ ในระดับชาติและนานาชาติ
4. เพื่อส่งเสริม พัฒนาและสร้างแรงบันดาลใจให้มีการนำเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศไปประยุกต์ใช้ในหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทุกระดับมากยิ่งขึ้น

เนื้อหาการประชุม

- ความก้าวหน้าและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ
- บทบาทและความพร้อมของประเทศ ด้านเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศในการก้าวสู่อาเซียน
- การพัฒนาและประยุกต์ เครื่องมือ แบบจำลอง อัลกอริทึมและเทคนิคใหม่ ๆ ด้านภูมิสารสนเทศ
- การสำรวจรังวัดและการบริการเชิงตำแหน่ง (GNSS & Location Based Service)

ผู้เข้าร่วมประชุม

ผู้บริหาร ผู้ปฏิบัติงาน นิสิต นักศึกษาและผู้สนใจทั้งจากภาครัฐและภาคเอกชน ประมาณ 700 คน

สถานที่จัดประชุม

ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ กรุงเทพมหานคร

ระยะเวลา

3 วัน ระหว่างวันที่ 3-5 กุมภาพันธ์ 2559

รูปแบบการประชุม

- การแสดงปาฐกถา
- การเสวนา
- การบรรยายพิเศษ
- การนำเสนอบทความ
- การแข่งขันโปรแกรมการประยุกต์ทางด้านเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ



ค่าลงทะเบียน

บุคคลทั่วไป	ชำระเงินภายใน 31 ธันวาคม 2558	นิสิต/นักศึกษา
▼	▼	▼
3,000	2,500	1,000



- ผู้ลงทะเบียนจะได้รับ กระเป๋า อาหารว่างและอาหารกลางวัน
- ลงทะเบียนออนไลน์ด้วยบัตรเครดิต ผ่าน http://geoinfotech.gistda.or.th
  หรือโอนเงินเข้าบัญชีออมทรัพย์ ธนาคารกรุงไทย จำกัด สาขาศูนย์ราชการฯ แจ้งวัฒนะ (อาคาร B)
  ชื่อบัญชี สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) เลขที่บัญชี 955-0-01944-6
  พร้อมส่งหลักฐานการโอนเงินลงชื่อผู้โอนและหน่วยงานต้นสังกัดให้ชัดเจน มายังโทรสาร 0 2561 4503
- ผู้เข้าร่วมประชุมวิชาการฯ สามารถเบิกจ่ายค่าใช้จ่ายต่าง ๆ จากต้นสังกัด ได้เท่าที่จ่ายจริงตามระเบียบกระทรวงการคลัง

ติดต่อฝ่ายลงทะเบียน

วจีภรณ์ แจ่มไว / อริษา ไวยเจียรนัย
โทรศัพท์ 08 1404 3658
0 25614504 ต่อ 422 โทรสาร 0 2561 4503



การบริการอาหารและเครื่องดื่ม

อาหารกลางวัน (บุฟเฟ่ต์) ห้อง Retro live cafe

3-5 กุมภาพันธ์ 2559 12:00 – 13:00

อาหารว่าง-เครื่องดื่ม

3 กุมภาพันธ์ 2559	10:45 – 11:15 หน้าห้อง Ballroom
	14:30 – 14:45 หน้าห้อง Ballroom และหน้าห้อง Meeting Room 2-4
4 กุมภาพันธ์ 2559	10:45 – 11:15 และ 14:30 – 14:45
	หน้าห้อง Ballroom และหน้าห้อง Meeting Room 2-4
5 กุมภาพันธ์ 2559	10:45 – 11:15 หน้าห้อง Ballroom

การบริการอินเทอร์เน็ต

SSID : geoinfotech
Encription : geoinfotech

ติดต่อฝ่ายจัดประชุมวิชาการ

ปราณปริยา วงศ์ษา / ธัญลักษณ์ เอี่ยมณรงค์ฤทธิ์
โทรศัพท์ 09 8998 2058 / 0 2561 4504-5 ต่อ 421-422
โทรสาร 0 2561 4503
อีเมล geoinfotech@gistda.or.th

หน่วยงานจัดการประชุม



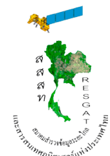


สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) : สทอภ.
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี : วท.

หน่วยงานร่วมจัดและสนับสนุนการจัดประชุม



กรมแผนที่ทหาร



สมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย



สมาคมภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย



สมาคมการแผนที่แห่งประเทศไทย



สมาคมธรณีวิทยาแห่งประเทศไทย

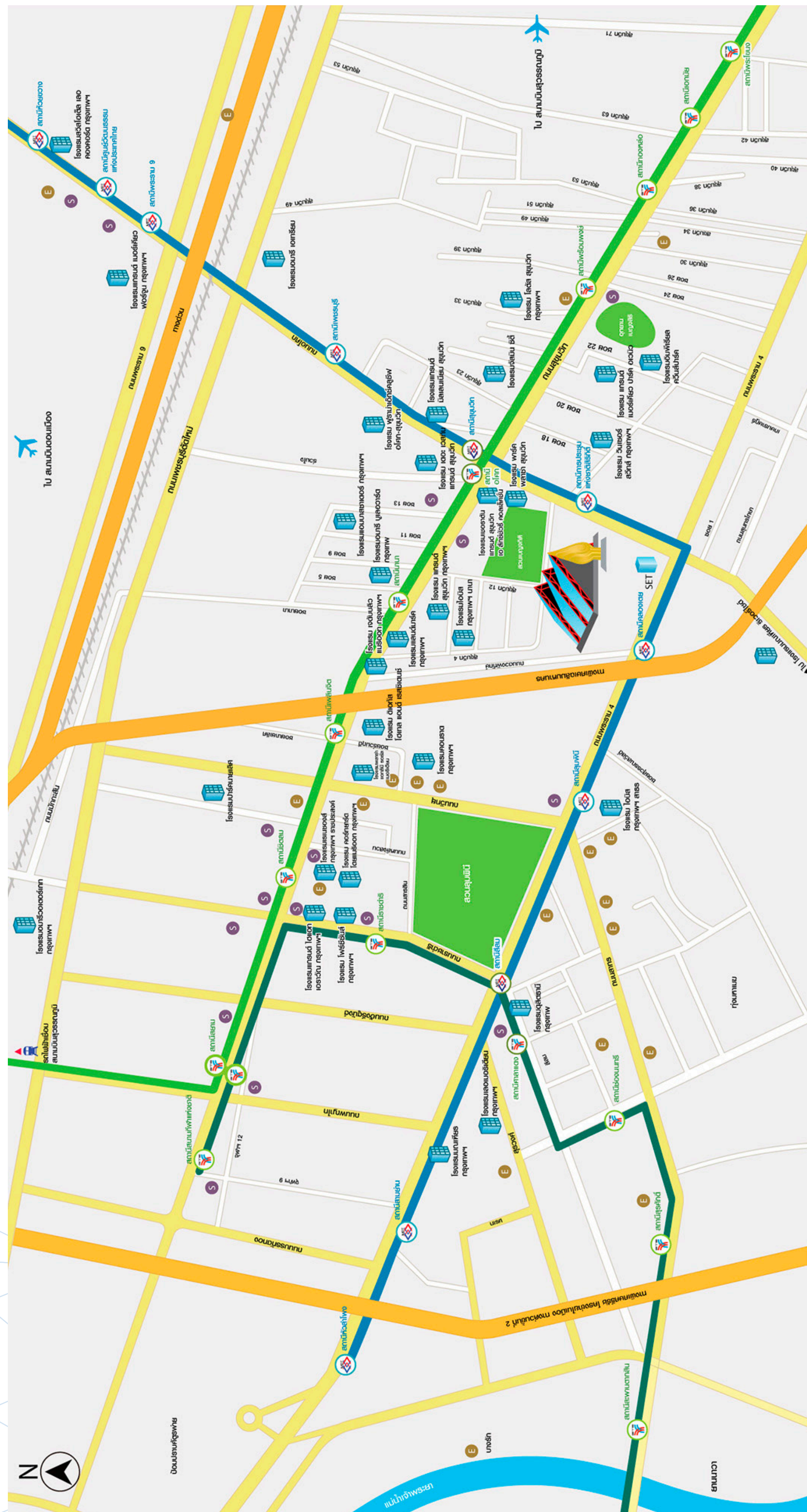


สมาคมการสำรวจและการแผนที่



สมาคมระบบขนส่งและจราจรอัจฉริยะไทย

แผนที่และแผนผัง



Main Foyer

ลงทะเบียนเข้าร่วมงาน

ลงทะเบียนผู้เข้าร่วมประชุมหน้างาน

รับของที่ระลึก

VIP Room 2

WC.

WC.

B16 B17 B18 B19 B20

A1 A2 A3

A4 A5 A6 A7

A8 A9 A10 A11

GISTDA A14 A15 A18 A19

AA1 AA2 AA3 AA4 AA5 AA6 AA7 AA8 AA9

B1 B2 B3 B4 B5

B6 B7 B8 B9 B10

B11 B12 B13 B14 B15

มุมพักผ่อน

Directory board

Photo Backdrop

Archway

MEETING ROOM 1

MEETING ROOM 2

MEETING ROOM 3

MEETING ROOM 4

Organizer Room 2

STAGE

BALLROOM

Control

กำหนดการ

วัน เดือน ปี	เวลา	รายการ			
3 กุมภาพันธ์ 2559	08:30-09:30	**ลงทะเบียนเข้าร่วมงาน**			
	09:30-10:00	**พิธีเปิด** **โดย รศ.ดร.สมเจตน์ ทิณพงษ์ : ประธานกรรมการบริหาร สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ**			
	10:00-10:45	**แสดงปาฐกถา : THEOS-2 สู่การพัฒนาในยุคดิจิทัล** โดย รศ.ดร.สมเจตน์ ทิณพงษ์ : ประธานกรรมการบริหาร สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ *(ณ ห้อง Ballroom)*			
	10:45-11:15	*พักรับประทานอาหารว่าง และชมนิทรรศการ*			
	11:15-12:10	**บรรยายพิเศษ : แนวโน้มของ GNSS ในอนาคต** โดย Prof. Christos Rizos, Co-chair Multi-GNSS Asia Streering Commettiee Past President of the International Association of Geodesy, Australia *(ณ ห้อง Ballroom)*			
	12:10-13:00	*รับประทานอาหารกลางวัน (ณ ห้อง Retro live cafe)*			
		ห้อง Meeting Room 2	ห้อง Meeting Room 3	ห้อง Meeting Room 4	ห้อง Ballroom
	13:00-14:30	การนำเสนอบทความ Session A-1	การนำเสนอบทความ Session A-2	การนำเสนอบทความ Session A-3	นำเสนอผลิตภัณฑ์ 1 : Asian Aerospace Services นำเสนอผลิตภัณฑ์ 2 : MDA นำเสนอผลิตภัณฑ์ 3 : T.N. Supply and Blueprint นำเสนอผลิตภัณฑ์ 4 : Hexagon Geospatial นำเสนอผลิตภัณฑ์ 5 : Mappoint Asia
	14:30-14:45	*พักรับประทานอาหารว่าง และชมนิทรรศการ*			
	14:45-16:45	การนำเสนอบทความ Session B-1	การนำเสนอบทความ Session B-2	การนำเสนอบทความ Session B-3	
4 กุมภาพันธ์ 2559		ห้อง Meeting Room 2	ห้อง Meeting Room 3	ห้อง Meeting Room 4	ห้อง Ballroom
	09:00-10:30	**เสวนา : THEOS-2 ระบบดาวเทียมสำรวจเพื่อการพัฒนา** ผู้ดำเนินรายการ : ดร.สมภพ ภูริวิกรัยพงศ์ ผู้ร่วมเสวนา : 1. พลเอกประภัสสร์ เศวตภาณุ 2. อนุกูล วงศ์ใหญ่ : กรมทรัพยากรธรณี 3. วุฒิกร มโนมัยวิบูลย์ : บริษัท อีคาร์ทสตูดิโอ จำกัด 4. ดร.คทา เกียรติมานะโรจน์ : สทอภ.	การนำเสนอบทความ Session C-1	การนำเสนอบทความ Session C-2	G-CON การแข่งขันโปรแกรมประยุกต์ทางด้านเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ "Geo-informatics Applications Contest"
	10:30-10:45	*พักรับประทานอาหารว่าง และชมนิทรรศการ*			
	10:45-12:15	**การบรรยายพิเศษ : การทำแผนที่รายละเอียดสูงจาก UAV** 1. ปวัตน์ หาญบำรุงกิจ : สำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย 2. นาวาอากาศเอก รศ.ปริพนธ สุขพิมาย : โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช 3. เอกสุระ นันท์ธนาวรกุล : โรงเรียนฝึกบิน กองบิน 6 ฝูงบิน 604	การนำเสนอบทความ Session D-1	การนำเสนอบทความ Session D-2	G-CON การแข่งขันโปรแกรมประยุกต์ทางด้านเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ "Geo-informatics Applications Contest"
	12:15-13:00	*รับประทานอาหารกลางวัน (ณ ห้อง Retro live cafe)*			
	13:00-14:30	**การบรรยายพิเศษ : GNSS กับการขนส่งระบบราง** 1. นคร จันทศร : สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ 2. ดร.มนต์ศักดิ์ โซ่เจริญธรรม : ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ 3. ร้อยเอก ดร.ต้องการ แก้วเฉลิมทอง : โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า	การนำเสนอบทความ Session E-1	การนำเสนอบทความ Session E-2	G-CON การแข่งขันโปรแกรมประยุกต์ทางด้านเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ "Geo-informatics Applications Contest"
	14:30-14:45	*พักรับประทานกาแฟและอาหารว่าง และ ชมนิทรรศการ*			
	14:45-16:30	การนำเสนอบทความ Session F-1	การนำเสนอบทความ Session F-2	การนำเสนอบทความ Session F-3	G-CON การแข่งขันโปรแกรมประยุกต์ทางด้านเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ "Geo-informatics Applications Contest"
5 กุมภาพันธ์ 2559	09:00-10:30	**เสวนา : โอกาส และ ความท้าทายของ GI ในยุค Internet of Things** ผู้ดำเนินรายการ : ปานระพี รพิพันธุ์ ผู้ร่วมเสวนา : 1. รศ. ดร.เอกชัย สุมาลี : ศูนย์วิจัยนครอัจฉริยะ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2. ผศ. อภิเนตร อูนากูล : บริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน) 3. ชาคริต จันทร์รุ่งสกุล : บริษัท Fire One One จำกัด 4. รวิทัต ภู่หลำ : บริษัท โค้ด แอพพ์ จำกัด *(ณ ห้อง Ballroom)*			
	10:30-10:45	*พักรับประทานอาหารว่าง และชมนิทรรศการ*			
	10:45-12:00	**พิธีมอบรางวัล สรุปการประชุมวิชาการฯ และพิธีปิด** *(ณ ห้อง Ballroom)*			
	12:00-13:00	*รับประทานอาหารกลางวัน (ณ ห้อง Retro live cafe)*			

กิจกรรม

3 กุมภาพันธ์ 2559 10:00-10:45 ห้อง Ballroom

ปาฐกถา : THEOS-2 สู่การพัฒนาในยุคดิจิทัล



รศ. ดร.สมเจตน์ ทิณพงษ์
ประธานกรรมการบริหาร GISTDA

3 กุมภาพันธ์ 2559 11:15-12:10 ห้อง Ballroom

บรรยายพิเศษ : แนวโน้มของ GNSS ในอนาคต



Prof. Christos Rizos
Co-chair Multi-GNSS Asia Streering Commettiee
Past President of the International Association of Geodesy, Australia

3 กุมภาพันธ์ 2559 09:00-10:30 ห้อง Meeting Room 2

เสวนา : THEOS-2 ระบบดาวเทียมสำรวจเพื่อการพัฒนา



ดร.สมภพ ภูริวิกรัยพงศ์
ผู้ดำเนินรายการ



พลเอกประภัสสร์ เศวตภาณุ



อนุกูล วงศ์ใหญ่
ผู้อำนวยการศูนย์สารสนเทศทรัพยากรธรณี
กรมทรัพยากรธรณี



วุฒิกร มโนมัยวิบูลย์
กรรมการผู้จัดการ
บริษัท อีคาร์ทสตูดิโอ จำกัด



ดร.คทา เกียรติมานะโรจน์
รักษาการ นักยุทธศาสตร์ชำนาญการพิเศษ
GISTDA

4 กุมภาพันธ์ 2559 10:45-12:15 ห้อง Meeting Room 2

การบรรยายพิเศษ : การทำแผนที่รายละเอียดสูงจาก UAV



ปวัตน์ หาญบำรุงกิจ
นักวิชาการขนส่งชำนาญการ
สำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย



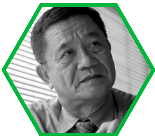
เอกสุระ นันท์ธนาวรกุล
โรงเรียนฝึกบิน กองบิน 6 ฝูงบิน 604



นาวาอากาศเอก รศ.ปริพนธ์ สุขพิมาย
ผู้อำนวยการกองวิชาวิศวกรรมอากาศยานและเทคโนโลยีการบิน
โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

4 กุมภาพันธ์ 2559 13:00-14:30 ห้อง Meeting Room 2

การบรรยายพิเศษ : GNSS กับการขนส่งระบบราง



นคร จันทศร
ที่ปรึกษาผู้อำนวยการ
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ



ร้อยเอก ดร.ต้องการ แก้วเฉลิมทอง
อาจารย์
โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า



ดร.มนต์ศักดิ์ โซ่เจริญธรรม
นักวิจัย
ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

5 กุมภาพันธ์ 2559 09:00-10:30 ห้อง Ballroom

เสวนา : โอกาส และ ความท้าทายของ GI ในยุค Internet of Things



ปานระพี รพิพันธุ์
ผู้ดำเนินรายการ



ชาคริต จันทร์รุ่งสกุล
CEO, บริษัท Fire One One จำกัด



รศ. ดร.เอกชัย สุมาลี
ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยนครอัจฉริยะ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง



รวิทัต ภู่หลำ
Founder & CEO โค้ด แอพพ์ จำกัด



ผศ.อภิเนตร อูนากูล
กรรมการ บริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน)

G-CON2016

Geo-informatics Applications Contest

โครงการแข่งขันโปรแกรมประยุกต์ทางด้านเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ

4 กุมภาพันธ์ 2559 ห้อง Ballroom

ความเป็นมา

การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ทางด้านเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ จะช่วยเพิ่มความสะดวกให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศได้ดียิ่งขึ้น และสามารถถ่ายทอดเรื่องราวหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ บนพื้นผิวโลกผ่านข้อมูลจากดาวเทียมหรือเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกล รวมถึงสามารถระบุตำแหน่งเหตุการณ์ต่าง ๆ บนพื้นโลกได้อย่างแม่นยำด้วยระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก และจัดเก็บเป็นฐานข้อมูล ภายใต้กระบวนการที่ชัดเจน ตั้งแต่การนำเข้าข้อมูล เก็บข้อมูล จัดการ วิเคราะห์ และแสดงผลข้อมูล ได้ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ทำให้เห็นภาพรวมของสิ่งที่สนใจ อันจะนำไปสู่การตัดสินใจและการวางแผนในชีวิตประจำวันได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง แม่นยำและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

การแข่งขันโปรแกรมประยุกต์ทางด้านเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ เป็นโครงการที่สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ด้านการพัฒนาและส่งเสริมการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดังกล่าวให้สามารถต่อยอดในเชิงพาณิชย์ได้ทันที ทั้งนี้ในการจัดแข่งขันมีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะช่วยส่งเสริมและสนับสนุนให้นิสิต นักศึกษา นักพัฒนา และประชาชนทั่วไป เกิดความตื่นตัวและสร้างสรรค์ผลงานด้านเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งยังสนับสนุนให้ผู้ประกอบการสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดและใช้ในเชิงพาณิชย์ได้ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นการส่งเสริมให้ นิสิต นักศึกษา นักพัฒนา และประชาชนทั่วไปเกิดแรงจูงใจในการพัฒนาขีดความสามารถและการเรียนรู้เทคโนโลยีด้านภูมิสารสนเทศให้เพิ่มขึ้น
2. เพื่อพัฒนาศักยภาพการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ทางด้านเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศให้ทัดเทียมนานาประเทศ ประกอบกับเกิดการสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ และจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาประเทศต่อไป

กลุ่มเป้าหมาย

นิสิต นักศึกษา นักพัฒนา และประชาชนทั่วไป

รูปแบบของการแข่งขัน

- G-CON Workshop
  ผู้เข้าร่วมได้เข้าใจถึงข้อมูลภูมิสารสนเทศ ได้รับแนวคิดในการพัฒนา Application ทางด้านภูมิสารสนเทศ เกิดแรงบันดาลใจในการทำ Application เทคนิคในการคิดที่จะทำ application
- APP Phototype
  การนำเสนอPhototype ที่จะนำมาทำเป็น Application ต่อหน้าคณะกรรมการ
- G-CON 2016 Completition
  การนำเสนอ Application ที่พร้อมใช้งานได้จริง บนอุปกรณ์ Smart Device ต่อหน้าคณะกรรมการและผู้เข้าร่วมงาน ในงาน GEOINFOTECH 2016

กติกา

1. แต่ละทีมประกอบด้วย สมาชิกทีมละไม่เกิน 5 คน ไม่จำกัดจำนวนเรื่องที่ส่งเข้าประกวด
2. ผู้เข้าร่วมการประกวดต้องสร้างผลงานเป็นแอพพลิเคชั่นบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ ซึ่งสามารถรันบนอุปกรณ์ Smart Device แบบใดแบบหนึ่งก็ได้ เช่น Tablet หรือ Mobile Phone ผู้สมัครสามารถพัฒนาได้บนระบบปฏิบัติการ Android หรือ iOS
3. ผลงานที่ส่งเข้าประกวดต้องเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ข้อมูลทางด้านเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศและเป็นผลงานที่ถูกคิดค้นและประดิษฐ์ด้วยตนเอง
4. เป็นผลงานที่เน้นการสร้างนวัตกรรมใหม่ ที่สามารถนำมาใช้งานได้จริง และไม่เป็นนวัตกรรมที่เคยได้รับรางวัลมาก่อน
5. หากเป็นนวัตกรรมที่เป็นการพัฒนาต่อยอดจากนวัตกรรมที่เคยได้รับรางวัลมาก่อน นั้นจะต้องแสดงถึงความแปลกใหม่ หรือรูปแบบการใช้งานที่เห็นได้อย่างชัดเจน
6. ผลงานทั้งหมดจะต้องสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาและต่อยอดเกี่ยวกับเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ
7. สงวนสิทธิผลงานที่ได้รับรางวัล สทอภ. สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเกี่ยวกับเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ ภายในระยะเวลา 1 ปี นับจากวันที่ได้รับรางวัล
8. การตัดสินของคณะกรรมการตัดสินถือเป็นสิ้นสุด

เกณฑ์การตัดสิน

รอบคัดเลือก

• ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	35	คะแนน
• ประโยชน์การใช้งาน	30	คะแนน
• เนื้อหาสอดคล้องกับเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ	35	คะแนน
รวม	100	คะแนน

รอบ APP Prototype

• ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	20	คะแนน
• ความเป็นไปได้ สามารถใช้งานได้จริง และพัฒนาต่อยอดได้	30	คะแนน
• การออกแบบและรูปแบบการใช้งาน	20	คะแนน
• เนื้อหาสอดคล้องกับเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ	30	คะแนน
รวม	100	คะแนน

รอบชิงชนะเลิศ

• ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	15	คะแนน
• เนื้อหาสอดคล้องกับเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ	20	คะแนน
• ประโยชน์การใช้งาน/ใช้งานจริง	30	คะแนน
• การออกแบบและรูปแบบการใช้งาน	20	คะแนน
• การนำเสนอผลงาน	15	คะแนน
รวม	100	คะแนน

การนำเสนอผลงานในรอบชิงชนะเลิศ

- นำเสนอผลงาน 15 นาที
- ถาม-ตอบ 15 นาที

รางวัลการแข่งขัน

- รางวัลชนะเลิศ เงินรางวัล 100,000 บาท พร้อมโล่รางวัลและประกาศนียบัตร
- รางวัลรองชนะเลิศอันดับที่ 1 เงินรางวัล 50,000 บาท พร้อมโล่รางวัลและประกาศนียบัตร
- รางวัลรองชนะเลิศอันดับที่ 2 เงินรางวัล 20,000 บาท พร้อมโล่รางวัลและประกาศนียบัตร

กำหนดการ G-CON2016 Completition

4 กุมภาพันธ์2559 ห้อง Ballroom

09:00-09:45 ทีม BIKEROUTES

09:45-10:30 ทีม Jordrot

10:30-11:15 ทีม TAGXI

11:15-12:00 ทีมกันเกราหรือว่ามันปลา

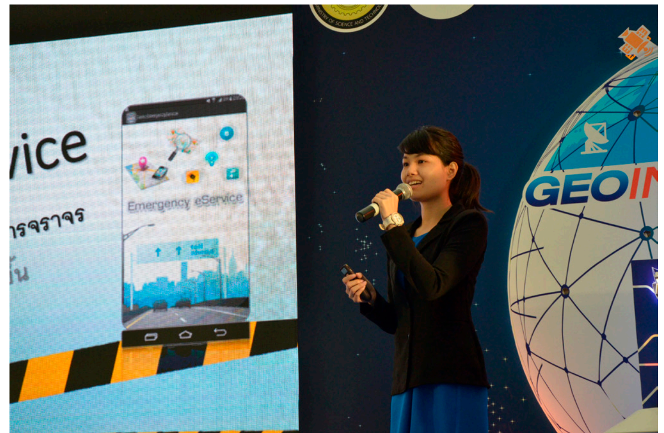
12:00-13:00 พักรับประทานอาหารกลางวัน

13:00-13:45 ทีมคุณกิน

13:45-14:30 ทีม iEMS

14:30-15:15 ทีม ICGIS

กำหนดการอาจมีการปรับเปลี่ยนตามความเหมาะสม









EXHIBITIONS

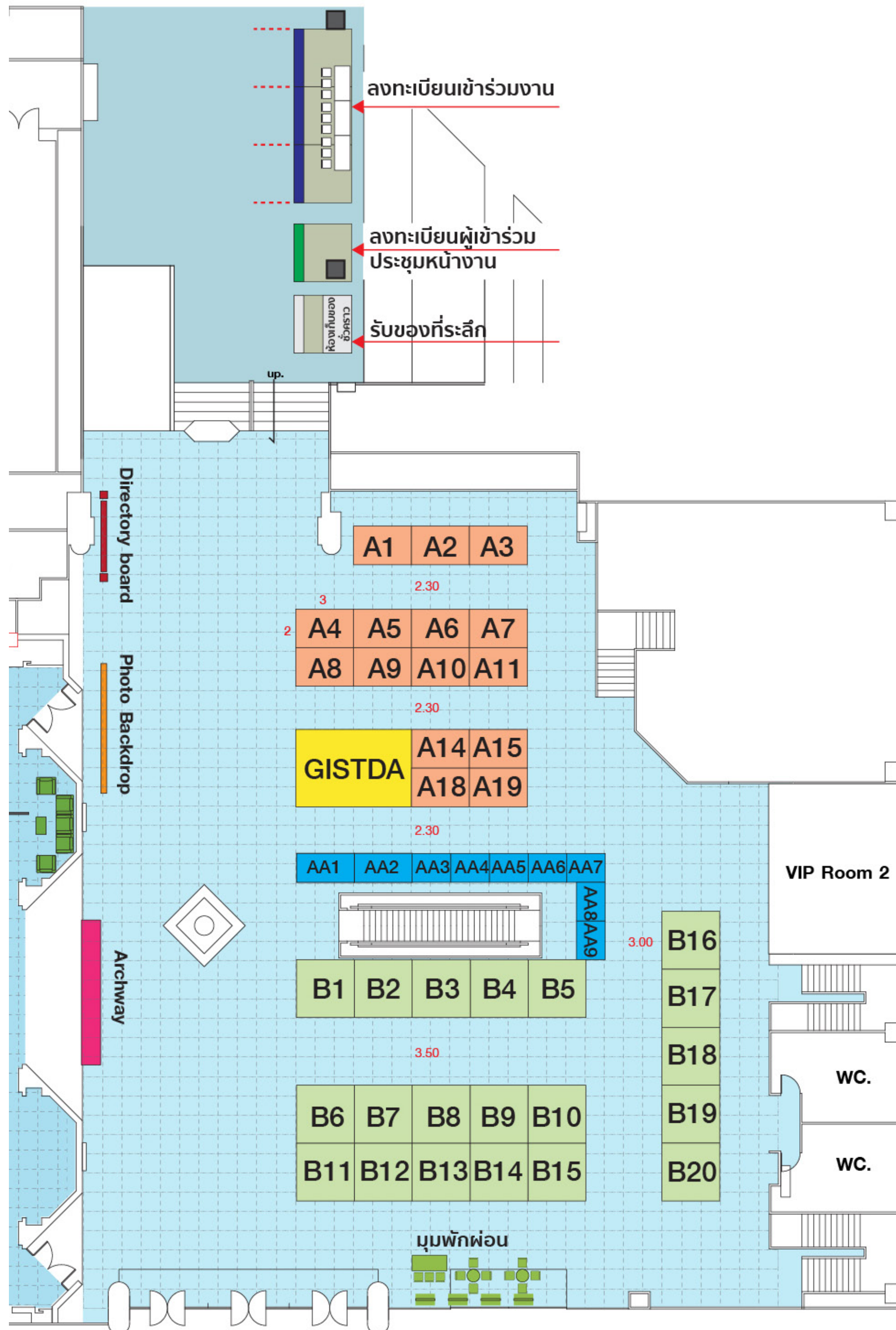
นิทรรศการ

นิทรรศการในจัดประชุมวิชาการ เทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ แห่งชาติ ประจำปี 2559 : GEOINFOTECH 2016 ระหว่างวันที่ 3-5 กุมภาพันธ์ 2559 ณ ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ ถนนรัชดาภิเษก เขตคลองเตย กรุงเทพฯ มีหน่วยงานในประเทศและนานาชาติ ร่วมสนับสนุนการจัดงานแสดงความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ รวมถึงการประยุกต์ใช้ข้อมูลภูมิสารสนเทศในสาขาต่าง ๆ พร้อมทั้งมีการแสดงเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในงานแต่ละประเภท ทั้งสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) การสำรวจระยะไกล (RS) การกำหนดพิกัดบนพื้นโลก (GNSS) การแผนที่ การสำรวจ การประมวลผลข้อมูล การประยุกต์ใช้สำหรับสาธารณูปโภค การพิมพ์และสาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง



แผนผังนิทรรศการ

บริเวณหน้าห้อง Ballroom ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์



ผู้ร่วมจัดนิทรรศการ

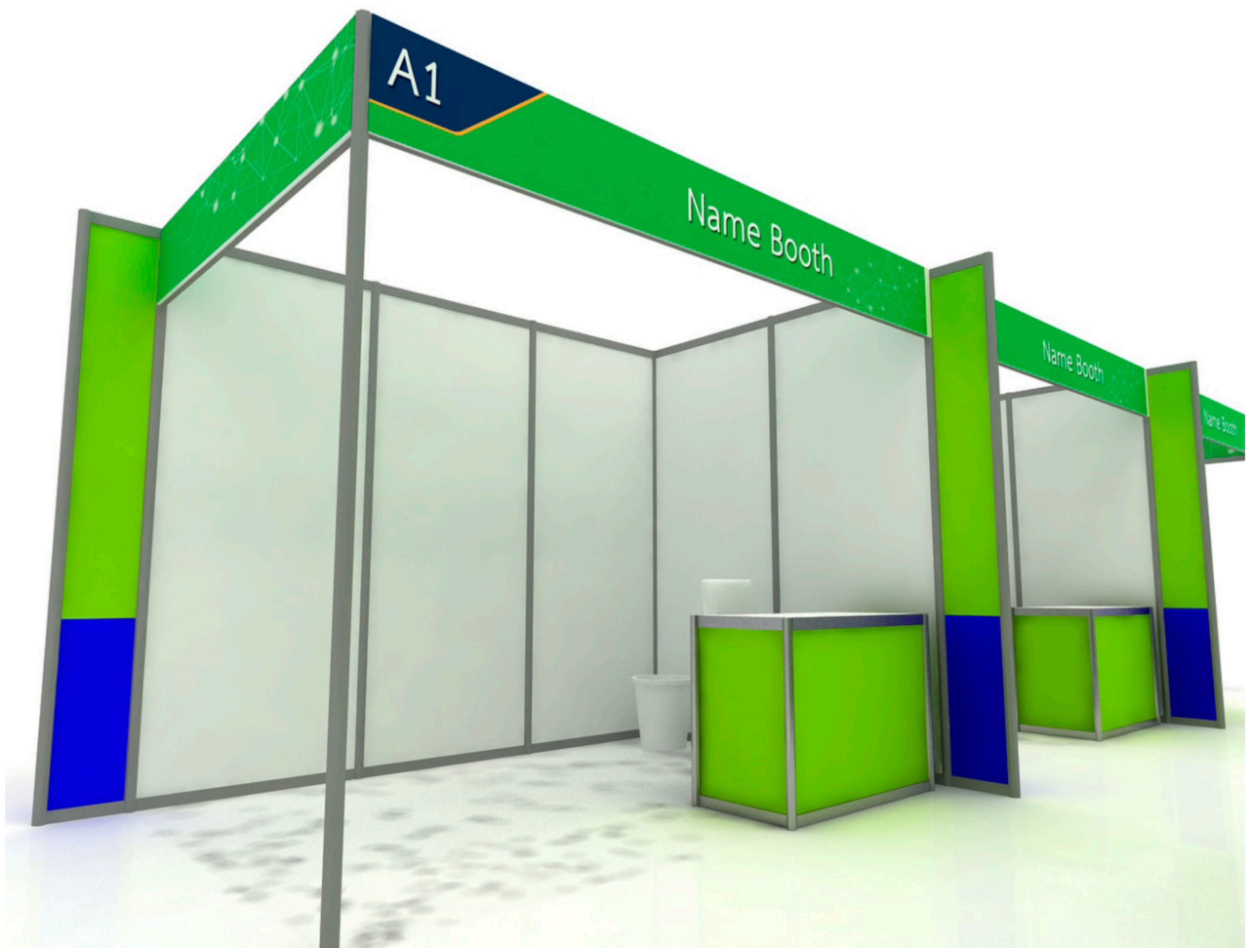
หมายเลขคูหา	รายชื่อผู้ร่วมจัดนิทรรศการ
A1	กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย
A2	กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
A3	กรมที่ดิน
A4	สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินผลการศึกษา
A5	สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล
A6	กรมชลประทาน
A7	บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)
A8	กรมหม่อนไหม
A9	กรมแผนที่ทหาร
A10	สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (NIA)
A11	กรมประมง
A12-A13 A16-A17	GISTDA
A14	สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
A15	สำนักงานสภาพัฒนาการเมือง
A18	สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน)
A19	กรมพัฒนาที่ดิน
AA1	การไฟฟ้านครหลวง
AA2	กรมสอบสวนคดีพิเศษ
AA3	สมาคมการสำรวจและการแผนที่แห่งประเทศไทย
AA4-AA7	ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ 5 ศูนย์
AA8	THAUS (CROPTECHASIA)
AA9	SATREC INITIATIVE
B1-B2	MDA
B3	ATHI CORPORATION
B4	ASIA AERO SURVEY CO., LTD.
B5	ATHI CORPORATION
B6 & B11	TOPCON INSTRUMENTS (THAILAND)
B7	ASIAN AEROSPACE SERVICES CO., LTD.
B8	GIS CO., LTD.
B9-B10	HEXAGON GEOSPATIAL
B12-B13	AIRBUS DS GEO
B15	TOMTOM NAVIGATION (THAILAND) CO., LTD.
B16	CANON MARKETING (THAILAND)
B17	META MEDIA TECHNOLOGY CO., LTD.
B18	MAPPOINTASIA (THAILAND)
B19-B20	TRIMBLE NAVIGATION

นิทรรศการหน่วยงานภาครัฐ

บริเวณหน้าห้อง Ballroom

ปี 2559 หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในภาครัฐและเทคโนโลยีสารสนเทศ ให้ความร่วมมือจัดแสดงนิทรรศการ รวมทั้งผลงานความก้าวหน้า นอกจากในด้านเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศแล้ว ยังมีหน่วยงานร่วมเสนอผลงานวิจัย นำเสนอภารกิจในสาขาต่างๆ การบริการสาธารณูปโภค การศึกษา ความมั่นคงและวิทยาศาสตร์ประยุกต์

สิทธิประโยชน์ : หน่วยงานภาครัฐไม่เสียค่าใช้จ่ายในการแสดงนิทรรศการ ได้รับคูหานิทรรศการจำนวน 1 คูหา พร้อมกับรับสิทธิในการลงทะเบียนเข้าร่วมประชุมวิชาการ จำนวน 1 ท่าน



กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย

หมายเลขบูธ A1

ที่อยู่ : 3/12 ถนนอู่ทองนอก เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300
โทรศัพท์ 02 637 3468 โทรสาร 02 243 6622 และ 02 243 0674
อีเมล์ : publicdmp@hotmail.com เว็บไซต์หน่วยงาน www.dister.go.th

กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยเป็นองค์กรหลักของประเทศในการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยที่มีมาตรฐาน เพื่อให้ประเทศไทยเป็นเมืองที่ปลอดภัย

กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

หมายเลขบูธ A2

(โดยศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ และ สำนักงานสถิติแห่งชาติ)

ศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ

ที่อยู่ : 120 หมู่ 3 อาคารรัฐประศาสนภักดี ชั้น 6 ศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210
โทรศัพท์ 02 141 6587-8 โทรสาร 02 143 8045 เว็บไซต์ของหน่วยงาน www.ndwc.go.th

ศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติเป็นศูนย์ข้อมูลกลางด้านภัยพิบัติทางธรรมชาติ ให้มีระบบการสื่อสารที่มีคุณภาพในทุกสภาวการณ์และมีขีดความสามารถ เพื่อควบคุมและสั่งการในภาวะวิกฤต และแจ้งเตือนภัยในระดับมาตรฐานสากล

สำนักงานสถิติแห่งชาติ

ที่อยู่ : 120 หมู่ 3 อาคารรัฐประศาสนภักดี ชั้น 2 ศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210
โทรศัพท์ 02 141 7498 โทรสาร 02 143 8132 เว็บไซต์ของหน่วยงาน www.nso.go.th

สำนักงานสถิติแห่งชาติหน้าที่บริหารจัดการสถิติและสารสนเทศของชาติให้เป็นระบบและจัดทำสำมะโนหรือสำรวจด้วยตัวอย่าง หรือ อำนวยการ เพื่อให้ได้ข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจสังคม เทคโนโลยีสารสนเทศและอื่น ๆ ของประเทศ พร้อมทั้งบริการข้อมูลสถิติและสารสนเทศในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ตาราง แผนภูมิและแผนที่ ลงในสื่อเอกสาร สิ่งพิมพ์และเวปไซท์ผ่านอินเทอร์เน็ตเป็นต้น แก่ผู้ใช้บริการทุกภาคส่วน

กรมที่ดิน

หมายเลขบูธ A3

ที่อยู่ : อาคารรังวัดและทำแผนที่ กรมที่ดิน ถนนแจ้งวัฒนะ อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี
โทรศัพท์ : 02 984 0915 โทรสาร : 02 984 0915 เว็บไซต์ของหน่วยงาน www.dol.go.th

สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน)

หมายเลขบูธ A4

ที่อยู่ : ชั้น 24 อาคารพญาไท พลาซ่า ถนนพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ : 02 216 3955 โทรสาร 02 216 5045-6 เว็บไซต์ของหน่วยงาน www.onesqa@or.th

สมศ. เป็นหน่วยงานที่จัดขึ้นตาม พรบ. การศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 หมวด 6 มาตรา 49 มีฐานะเป็นองค์การมหาชน ทำหน้าที่พัฒนาเกณฑ์วิธีการประเมินคุณภาพภายนอกและทำการประเมินผลการจัดการศึกษาเพื่อให้มีการตรวจสอบคุณภาพของสถานศึกษา โดยให้มีการประเมินคุณภาพภายนอกของสถานศึกษาทุกแห่งอย่างน้อยหนึ่งครั้งในทุกห้าปี นับตั้งแต่การประเมินครั้งสุดท้ายและเสนอผลการประเมินต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและสาธารณชน

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย

หมายเลขบูธ A5

ที่อยู่ 75/6 อาคารนารายณ์ ถนนพระรามที่ 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 02 202 3081 โทรสาร 02 354 6312 เว็บไซต์ของหน่วยงาน www.ocsb.go.th

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย เป็นหน่วยงานในสังกัดกระทรวงอุตสาหกรรมและองค์กรสนับสนุน ส่งเสริมและพัฒนาอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายของประเทศไทย

กรมชลประทาน

(สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา และ สำนักวิจัยและพัฒนา)

หมายเลขบูธ A6

ที่อยู่ 811 ถนนสามเสน เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300

โทรศัพท์ 02 241 0020 โทรสาร 02 669 3586 เว็บไซต์ของหน่วยงาน www.rid.go.th

สำนักวิจัยและพัฒนา ศึกษาวิจัยและพัฒนาดินด้านวิทยาศาสตร์เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบเขื่อนดิน คัดเลือกบ่อยืมดิน แก้ไขและปรับปรุง ก่อนนำไปใช้ในการก่อสร้างของกรมชลประทาน

บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)

หมายเลขบูธ A7

ที่อยู่ 89/2 หมู่ 3 ถนนแจ้งวัฒนะ เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210

โทรสาร 02 575 4861 เว็บไซต์ของหน่วยงาน www.tot.co.th

กรมหม่อนไหม

หมายเลขบูธ A8

ที่อยู่ 2175 ถนนพหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์ 02 558 7924-6 โทรสาร 02 558 7924-6 เว็บไซต์ของหน่วยงาน www.qsds.go.th

กรมหม่อนไหม เป็นหน่วยงานสังกัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยมีภารกิจเกี่ยวกับหม่อนไหมทั้งระบบ โดยครอบคลุมถึง การพัฒนาพันธุ์ การอนุรักษ์ และคุ้มครองพันธุกรรมหม่อนไหม การตรวจสอบและรับรองมาตรฐานหม่อนไหม การส่งเสริม การสนับสนุน และเผยแพร่องค์ความรู้ด้านหม่อนไหม รวมทั้งส่งเสริมเอกลักษณ์และการสร้างค่านิยมเกี่ยวกับหม่อนไหม

กรมแผนที่ทหาร

หมายเลขบูธ A9

ที่อยู่ ถนนกัลยาณไมตรี แขวงพระบรมมหาราชวัง เขตพระนคร กรุงเทพฯ 10200

โทรศัพท์ 02 223 2711 เว็บไซต์ของหน่วยงาน www.rtsd.mi.th

สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (NIA)

หมายเลขบูธ A10

ที่อยู่ 73/2 ถนนพระรามที่หก แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

โทรศัพท์ 02 017 5555 โทรสาร 02 017 5566 เว็บไซต์ของหน่วยงาน www.nia.or.th

กรมประมง

หมายเลขบูธ A11

ที่อยู่ กรมประมง เกษตรกลาง แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์ 02 558 0144 โทรสาร 02 561 1596 เว็บไซต์ของหน่วยงาน www.fisheries.go.th/it-gis

กรมประมงได้มีการพัฒนาระบบภูมิสารสนเทศเพื่อใช้ในการขึ้นทะเบียนและบริหารจัดการข้อมูลทะเบียนเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ทำให้ข้อมูลมีความถูกต้อง เป็นปัจจุบันและนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายมิติ

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) : GISTDA

หมายเลขบูธ A12-A13 และ A16-A17

ที่อยู่ ศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ อาคารรัฐประศาสนภักดี ชั้น 6-7 ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210

โทรศัพท์ 0-2141-4470 โทรสาร 0-2143-9586 เว็บไซต์ของหน่วยงาน http://www.gistda.or.th/

GISTDA จะใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศทั้งที่มีอยู่และที่ได้จากการศึกษา ค้นคว้า วิจัยและพัฒนา มาประยุกต์ใช้ตามนโยบายและภารกิจที่สำคัญของประเทศ เพื่อสร้างความมั่งคง มั่งคั่ง และยั่งยืนให้กับชุมชน สังคม และประเทศชาติ ในฐานะที่เป็นองค์กรเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศแห่งเดียวในประเทศไทย โดยมุ่งพัฒนานวัตกรรมอวกาศ, ประยุกต์และบริการภูมิสารสนเทศ, การวิจัยและถ่ายทอดองค์ความรู้, ขับเคลื่อนองค์กรเพื่อบรรลุเป้าหมายตามวิสัยทัศน์ และบริการสังคม

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

หมายเลขบูธ A14

ที่อยู่ 3/4 -5 หมู่ 5 ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี
โทรศัพท์ 02 577 5100 โทรสาร 02 577 3654 เว็บไซต์ของหน่วยงาน www.nimt.or.th

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ เป็นหน่วยงานของรัฐที่มีระบบบริหารงานเป็นองค์กรอิสระภายใต้กำกับของกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้รับการสถาปนาขึ้นตาม พรบ.พัฒนาระบบมาตรวิทยาแห่งชาติ พ.ศ.2540 มีพันธกิจที่สำคัญ คือ การพัฒนามาตรฐานการวัดแห่งชาติให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากลและถ่ายทอดความถูกต้องของการวัดไปสู่กิจกรรมการวัดต่าง ๆ ในประเทศ รวมทั้งเผยแพร่ความรู้ความเข้าใจด้านมาตรวิทยาแก่สังคมไทย

สำนักงานสภาพัฒนาการเมือง

หมายเลขบูธ A15

ที่อยู่ ศูนย์ราชการ ชั้น 4 ทิศเหนือ ถนนแจ้งวัฒนะ เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210
โทรสาร 02 143 8203 เว็บไซต์ของหน่วยงาน www.pdc.go.th

สำนักงานสภาพัฒนาการเมือง เป็นหน่วยงานหลักในการส่งเสริมและสนับสนุนสภาพัฒนาการเมืองในการพัฒนาการเมืองไทยในระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุขให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อประโยชน์แก่ประเทศชาติและประชาชน

สถาบันสารสนเทศทรัพยกรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน)

หมายเลขบูธ A18
ที่อยู่ 108 อาคารบางกอกไทยทาวเวอร์ ชั้น 8 แขวงถนนพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 02 642 7034 โทรสาร 02 642 7033 เว็บไซต์ของหน่วยงาน www.haii.or.th

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน) เป็นองค์กรที่สร้างความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสำหรับการบริหารจัดการด้านทรัพยากรน้ำและการเกษตร เพื่อรองรับสภาวะการเปลี่ยนแปลงของธรรมชาติที่รุนแรงขึ้น และขยายผลการทำงานโดยการสร้างและพัฒนาเครือข่าย

กรมพัฒนาที่ดิน

หมายเลขบูธ A19

ที่อยู่ 2003/61 ถนนพหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์ 02 579 1409 โทรสาร 02 579 1409 เว็บไซต์ของหน่วยงาน www.ldd.go.th

กรมพัฒนาที่ดินมีหน้าที่หลักในการวิจัยพัฒนาให้บริการและถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน พร้อมทั้งกำหนดเขตการใช้ที่ดินที่เหมาะสมเพื่อการผลิต เพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร และการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างยั่งยืน ซึ่งหนึ่งในกิจกรรมหลักที่สำคัญของกรมฯ คือการนำเทคโนโลยีด้านการสำรวจข้อมูลระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้กับการทำแผนที่สภาพการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งในการจัดนิทรรศการครั้งนี้ กรมพัฒนาที่ดินขอนำเสนอข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของประเทศไทยเพื่อเป็นประโยชน์ต่อบุคคลที่สนใจ

การไฟฟ้านครหลวง

หมายเลขบูธ AA1

ที่อยู่ 30 ซอยชิดลม ถนนพลินจิต กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์ 02 289 0151 โทรสาร 02 661 5314 เว็บไซต์ของหน่วยงาน www.mea.or.th

เป็นรัฐวิสาหกิจด้านพลังงาน โดยมีภาระหน้าที่ในการจำหน่ายพลังไฟฟ้าในพื้นที่กรุงเทพฯ สมุทรปราการ และนนทบุรี

กรมสอบสวนคดีพิเศษ

หมายเลขบูธ AA2

ที่อยู่ 128 ถนนแจ้งวัฒนะ เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210
โทรศัพท์ 02 142 2950 โทรสาร 02 143 9036 เว็บไซต์ของหน่วยงาน www.dsi.go.th

สมาคมการสำรวจและการแผนที่แห่งประเทศไทย

หมายเลขบูธ AA3

ที่อยู่ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330
เว็บไซต์ของหน่วยงาน www.sms.or.th

สมาคมการสำรวจและการแผนที่แห่งประเทศไทย มีปณิภาณมุ่งมั่นจะพัฒนากิจกรรมงานด้านวิศวกรรมสำรวจ และเป็นศูนย์รวมของบุคลากรด้านงานสำรวจของประเทศ ให้เป็นปึกแผ่น เสริมสร้างความรู้ ความสามารถ ทักษะ เพื่อให้สมาชิกสมาคมได้มีบทบาทในการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืนต่อไป

ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ 5 ศูนย์

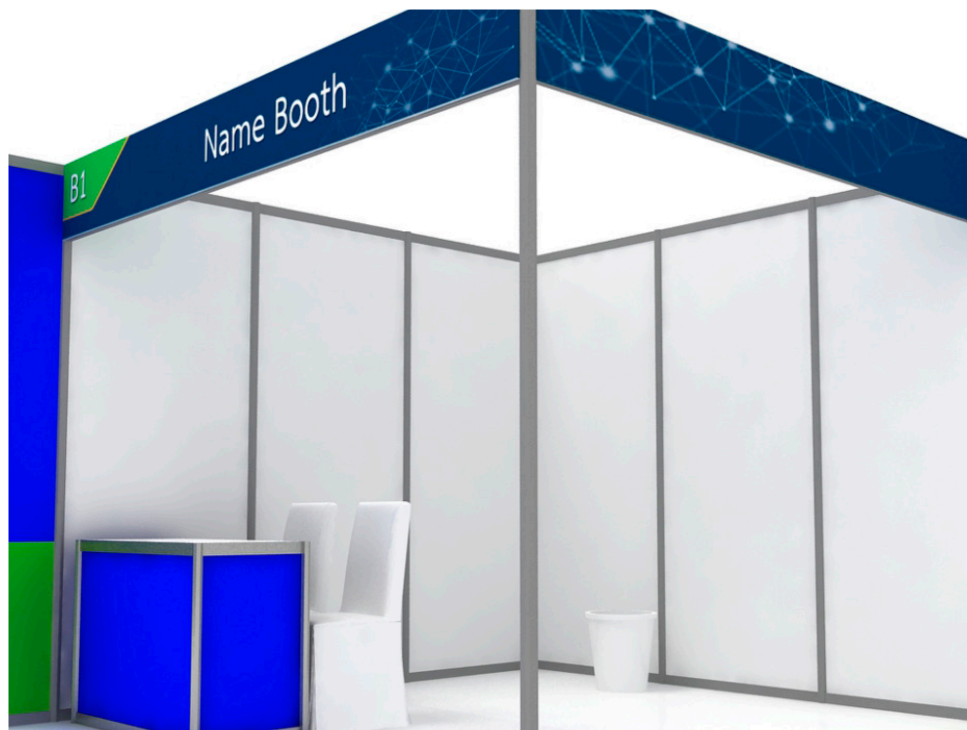
หมายเลขบูธ AA4-AA7

เป็นหน่วยงานที่ส่งเสริมการวิจัย พัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี รวมถึงบริการงานด้านวิชาการแก่หน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

นิทรรศการภาคเอกชน

บริเวณหน้าห้อง Ballroom

ในปี 2559 หน่วยงานในประเทศและนานาชาติ ร่วมสนับสนุนการจัดงานแสดงความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ รวมถึงการประยุกต์ใช้ข้อมูลภูมิสารสนเทศในสาขาต่าง ๆ พร้อมทั้งมีการแสดงเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในงานแต่ละประเภท ทั้งสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) การสำรวจระยะไกล (RS) การกำหนดพิกัดบนพื้นโลก (GNSS) การแผนที่ การสำรวจ การประมวลผลข้อมูล การประยุกต์ใช้สำหรับสาธารณูปโภค การพิมพ์ และสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง



ORION FARM

หมายเลขบูธ AA8

ที่อยู่ 187/6 หมู่ 1 ตำบลบางรักพัฒนา อำเภอบางกรวง จังหวัดนนทบุรี 11110

โทรศัพท์ 02 924 2326 โทรสาร 02 927 8941

บริษัท โอไรออน เทคโนโลยีส์ จำกัด เป็นบริษัทที่ให้บริการซ่อมอุปกรณ์โทรคมนาคมเป็นธุรกิจหลัก แต่สนใจในการพัฒนาเทคโนโลยีที่ใช้กับงานเกษตรกรรม

THAUS CROPTECHASIA

หมายเลขบูธ AA9

ที่อยู่ 305 หมู่ 4 ซอยคุณวิเวียน ถนนแจ้งวัฒนะ เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210
โทรศัพท์ 02 573 7903 โทรสาร 02 573 7904 เว็บไซต์ของหน่วยงาน www.croptechasia.com

บริษัท ธาอัส จำกัด จำหน่าย บริการ สำรวจ และให้คำปรึกษาการทำเกษตรแบบ precision agriculture มีการใช้ภาพถ่ายทางอากาศจาก UAV และดาวเทียม ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีด้านต่าง ๆ มาประยุกต์เข้ากับการเพาะปลูกแบบเกษตรอุตสาหกรรม

SATREC INITIATIVE

Booth Number : B1–B2

Address: 21, Yueseong-Daero 1628 Beon-Gil, Yuseong-Gu, Daejon, 305-811, Korea
Tel: + 82 42 365 7510 Fax : + 82 42 365 7549
email :bjkim@satreci.com Website : www.satreci.com

Satrec Initiative (SI) is the leading solution provider for Earth observation missions, offering customers worldwide high performance, cost-effective turnkey satellite platforms, electro-optical instruments, ground systems and components. Focusing sincerely on the customers' needs with innovative technologies, SI has delivered optimized high quality solutions to over 20 customers in the Middle East, Asia and Europe. SI has three headquarter buildings with office spaces, laboratories as well as clean rooms for flight hardware assembly, optics assembly, sensor calibration, electronics thermal cycling test and satellite integration. SI develops most of hardware and software related to satellite platforms, electro-optical equipment and ground systems in house and sophisticated design / development tools, equipment and facilities are equipped for satellite development.

MDA

Booth Number : B3

Address: 13800 Commerce Parkway, Richmond, BC V6V 2J3, Canada
Tel: + 1 604 231 2607 Fax : +1 604 231 4938
email : vwu@mdacorporation.com Website : www.mdacorporation.com

MDA is a global communications and information company providing operational solutions to commercial and government organizations worldwide.

MDA's business is focused on markets and customers with strong repeat business potential, primarily in the Communications sector and the Surveillance and Intelligence sector. In addition, the Company conducts a significant amount of advanced technology development.

MDA is active in two principal markets: Communications: MDA offers space-based solutions for cost-efficient global delivery of direct-to-home television, satellite radio, broadband internet, and mobile communications. Surveillance and Intelligence: MDA offers end-to-end solutions to monitor and manage changes and activities worldwide.

MDA's established global customer base is served by more than 4,800 employees operating from 11 locations in the United States, Canada, and internationally.

ASIA AERO SURVEY CO., LTD.

Booth Number : B4

Address : #708, A-Dong, 583, Yangcheon-Ro, Gangseo-Gu, Seoul, 157-779
Tel : + 82 10 8977 0529 Fax : + 82 2658 2044
email : esther.park@asiahyper.co.kr Website : www.asiahyper.co.kr

ATHI CORPORATION

Booth Number : B5

Address : 36/88-90 Motor Way Rd., Khlongsongtonnun Sub-district, Ladkrabang District, Bangkok 10520
Tel: 0 2-171-7620-4 Fax: 0 2-171-7628
E-mail: sales-sales@athitelecom.com, support-customer@athitelecom.com Website : https://testathiweb.wordpress.com/

Athi Corporation Company Limited is an information technology company which provides complete voice and data communications solutions to all market segments in Thailand.

With 20 years of experience in the telecommunications business Athi Corporation has amassed more than 1000 systems in the Royal Thai Navy, Armed Forces, Air Force, Government agencies, state enterprises, various private businesses, hotels and hospitals.

Athi Corporation made its roots in 1992 when Alcatel-Lucent (ALU) started its PABX business in Thailand. Jinnawat Co., Ltd (previous name of Athi Telecom) was assigned as one of ALU's 1st dealers. By 1997, khun Athi Wongviean took over the business and thus the name Athi Telecom was born by 2001 and change to ATHI CORPORATION in 2013, ALU launched its global business evaluation systems and Athi Corporation was classified as a Expert Business Partner. Athi Corporation since then has taken a strong affinity towards technology and has deployed several mission critical systems with Alcatel-Lucent, Thales, Ubitech, Telespazioto, e-GEOS and BAE System name a few.

TOPCON INSTRUMENTS (THAILAND)

หมายเลขบูธ : B6 และ B 11

ที่อยู่ : 77/162 อาคารสินธรทาวเวอร์ ชั้น 37 ถนนกรุงธนบุรี แขวงคลองต้นไทย เขตคลองสาน กรุงเทพฯ 10600
โทรศัพท์ 02 440 1152 โทรสาร 02 440 1158 เว็บไซต์หน่วยงาน www.topcon.co.th

บริษัท ท็อปคอน อินสทรูเม้นท์ (ไทยแลนด์) จำกัด เป็นหนึ่งในสาขาของบริษัท ท็อปคอน คอร์ปอเรชั่น ประเทศญี่ปุ่น ด้วยประสบการณ์อันยาวนานกว่า 76 ปี ในการผลิตสินค้า ภายใต้ตรา สินค้า "TOPCON" บริษัท ท็อปคอน คอร์ปอเรชั่น (TOPCON CORPORATION) ได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีในการผลิตอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้สินค้ามีคุณภาพดีและตรงตามความต้องการของลูกค้า จนเป็นผู้นำของโลก ในการผลิตเครื่องมือ ทางด้านสายตา, เครื่องมืออิเลคทรอนิก ทางด้านสำรวจและก่อสร้าง รวมถึง เครื่องหาค่าพิกัด โดยรับสัญญาณดาวเทียม (GPS) โดยมีสาขาทั่วโลก ทั้งในภูมิภาคอเมริกาเหนือ, ยุโรป, แอฟริกา และเอเชียแปซิฟิค บริษัท ท็อปคอน อินสทรูเม้นท์ (ไทยแลนด์) จำกัด ก่อตั้งเมื่อวันที่ 9 พฤศจิกายน 2533 โดยดำเนินธุรกิจในการจัดจำหน่ายเครื่องมือจักษุแพทย์, เครื่องมือสำรวจ และเครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรม รวมทั้งเป็นศูนย์บริการด้านอะไหล่และการซ่อมบำรุงโดยช่างผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งผ่านการฝึกอบรมโดยตรงจากบริษัท ท็อปคอน คอร์ปอเรชั่น ประเทศญี่ปุ่น ผลิตภัณฑ์ TOPCON สินค้าคุณภาพ ได้รับการรับรองาตรฐาน ISO 9001 และ ISO 14000 ทำให้ท่านไว้วางใจในสินค้าและบริการที่เชื่อถือได้ของบริษัทฯ

ASIAN AEROSPACE SERVICES CO., LTD.

Booth Number : B7

Address: 65/198 Chamnanphenjati Business Center, 23rd Floor, Rama 9 Road, Huaykwang, Bangkok 10310
Tel: 02 643 0741-3 Fax : 02 643 0740
email : purchase@aianaerospaceservices.com Website : www.asianaerospaceservices.com

Asian Aerospace Services Ltd. (AAS) is a General Aviation services company founded and managed by experienced aviation professionals who are passionate pilots and aircraft engineers. Our experience include air charter, aircraft service and maintenance, aircraft management and aviation sales. Passionate aviation enthusiasts ourselves, we understands your needs for the most cost effective and hassle-free solutions. We are proud to be the pioneers with the expertise to service and operate Diesel & Jet-A capable piston aircraft technology in Asia. AAS is unique and customer focused because of: Synergized & cross-functional team of Foreign and Asian professionals. Global experience yet Asia-aware (Foreign nationals worked extensively in Asia, Asian nationals has global exposure & experience). Core team comprises entrepreneur, managerial, project management, engineering and software systems skill set. Hands-on believers who understands technology and business execution yet are also passionate pilots/ engineers with common focus on quality services and new generation technology.

GIS CO., LTD.

หมายเลขบูธ B8

ที่อยู่ : 202 อาคาร ซีดีจี เฮ้าส์ ถนนนางลิ้นจี่ แขวงช่องนนทรี เขตยานนาวา กรุงเทพฯ 10120
โทรศัพท์: 0 2678 0707 โทรสาร: 0 2678 0321-3 เว็บไซต์หน่วยงาน www.esrith@com

GIS CO., LTD. เป็นบริษัทผู้นำที่ให้บริการทางด้านระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ หรือ จีไอเอส (Geographic Information System : GIS) อย่างครบวงจร ด้วยความมุ่งมั่นในการให้บริการแบบ GIS One Stop Services ด้วยความพร้อมในด้านบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถและการพัฒนา จนมีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านจีไอเอส อย่างจริงจัง ส่งผลให้ปัจจุบัน GIS CO., LTD. กลายเป็นผู้นำในตลาดจีไอเอสของเมืองไทย

HEXAGON GEOSPATIAL

Booth Number : B9-B10

Address: Level3, 420 St. Kilda Road, Melbourne, Victoria 3004, Australia
Tel: + 61 03 9292 9659 Fax : + 61 03 9292 9601
email : goran.jovcevski@hexagongeospatial.com Website : www.hexagongeospatial.com

Hexagon Geospatial helps you make sense of the dynamically changing world. We enable you to envision, experience and communicate geographic information. Our technology provides you the form to design, develop and deliver solutions that solve complex, real-world challenges. Ultimately, this is realized through our creative software products and platforms.

AIRBUS DS GEO

Booth Number : B12-B13

Address : 110 Seletar Aerospace view, Singapore 797562
Tel: + 65 6227 5582 Fax + 65 9664 3520 Website : www-geo-airbusds.com

Based on an exclusive access to Pleiades, SPOT, TerraSAR-X and TanDEM-X (radar and optical satellites), our extensive portfolio spans the entire geo-information value chain.

Airbus Defence and Space provides decision makers with sustainable solutions to increase security, optimize mission planning and operations, boost performance, improve management of natural resources and, last but not least, protect our environment.

T N SUPPY AND BLUEPRINT LTD.,PART

หมายเลขบูธ B14

ที่อยู่ : 89/82 หมู่ 5 ถ.นวมินทร์ แขวงคลองกุ่ม เขตบึงกุ่ม กทม.
โทร. 02 9192781-2 โทรสาร 02 9192784 Email : tns_tn@hotmail.com

ห้างหุ้นส่วนจำกัด ที เอ็น ซัพพลาย แอนด์ บลูพริ้นต์ เป็นผู้จำหน่ายเครื่องพิมพ์ภาพขนาดใหญ่ plotter เครื่องprinter Hp วัสดุเกี่ยวกับงานพิมพ์ทุกชนิด คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วงที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งงานรับจ้างพิมพ์ภาพขนาดเล็กและขนาดใหญ่ งานถ่ายเอกสารทุกชนิด

TOMTOM NAVIGATION (THAILAND) CO., LTD.

หมายเลขบูธ B15

Address : 128/323-329 PAYATAI PLAZA BUILDING, UNIT A-G, 30TH FLOOR, PHAYATHAI ROAD, THUNG-PHAYATHAI, RAJTHAVEE, BANGKOK, 10400
Tel: + 66 2109 1606 email : akavudth.pholperm@tomtom.com Website : www.tomtom.com

CANON MARKING (THAILAND)

หมายเลขบูธ B16

ที่อยู่ : เลขที่ 98 อาคาร สาทร สแควร์ ออฟฟิศ ทาวเวอร์ ชั้น 22-24 ถนนสาทรเหนือ เขตบางรัก กรุงเทพมหานคร 10500
โทร. 02 344 9999 โทรสาร 02 344 9861 เว็บไซต์หน่วยงาน www.canon.co.th

ด้วยหลักปรัชญา เคียวเซ ที่มุ่งเน้นเรื่อง “การใช้ชีวิตและการทำงานร่วมกันเพื่อประโยชน์สุขของส่วนรวม” แคนนอนจึงมุ่งมั่นสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์และเทคโนโลยีไอทีอันทันสมัยเพื่อตอบสนองและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานทั้งที่บ้านและสำนักงาน อีกทั้งเรายังมุ่งหน้าในการทำวิจัยและหากระบวนการในการผลิตสินค้าโดยคำนึงถึงความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม สร้างสภาพแวดล้อมในการทำงานอันถูกสุขลักษณะและปลอดภัย พร้อมนำเสนอ ผลิตภัณฑ์คุณภาพดีให้กับลูกค้า

META MEDIA TECHNOLOGY CO., LTD.

หมายเลขบูธ B17

ที่อยู่ : 98 อาคารสาทร สแควร์ ออฟฟิศ ทาวเวอร์ ชั้น 4 ห้อง 407 ถนนสาทรเหนือ แขวงสีลม เขตบางรัก กรุงเทพฯ 10500
โทรศัพท์: 02 108 1790-1 โทรสาร: 02 163 2878 เว็บไซต์ของหน่วยงาน www.mm.co.th

บริษัทเมตา มีเดีย เทคโนโลยี จำกัด ให้การบริการด้านงานพัฒนาซอฟต์แวร์ในหลากหลายแพตฟอร์มทั้งบน Windows, Linux, Open Source และระบบปฏิบัติการบนมือถือ เช่น iOS, Android เป็นต้น เพื่อสนับสนุนธุรกิจและการบริหารจัดการให้แก่องค์กรในภาครัฐและเอกชน พร้อมให้บริการเว็บ Longdo.COM ซึ่งประกอบด้วย เช่น Longdo Dict - บริการพจนานุกรม, Longo Map บริการแผนที่,Longdo Traffic บริการข้อมูลจราจร, Longdo Mobile -แอพพลิเคชันแผนที่สำหรับใช้งานบนมือถือ, Longdo Law - บริการข้อมูลกฎหมายไทย เป็นต้น บริการดังกล่าวมีเป้าหมายหลักคือ เพื่อให้คนไทยได้เข้าถึงข้อมูลที่เป็นประโยชน์ได้สะดวกและทั่วถึง โดยไม่มีการเรียกเก็บค่าบริการ

MAPPOINTASIA (THAILAND)

หมายเลขบูธ B18

ที่อยู่ : 128/121 อาคารพญาไทพลาซ่า ชั้น 11 ถนนพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 02 209 9112 โทรสาร 02 209 9113 เว็บไซต์ของหน่วยงาน www.mappointasia.com

บริษัท แมพพ้อยท์เอเซีย (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) เป็น บริษัทของไทยที่จัดตั้งขึ้นมานานกว่า 20 ปี บริการหลัก ของเราคือระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เรามี เทคโนโลยีการจัดการของตัวเอง การติดตามยานพาหนะและการบริการที่อยู่บนพื้นฐานของแผนที่ (map-based) เราเป็นตัวแทนจำหน่ายให้กับหลายบริษัทในต่างประเทศที่มีเทคโนโลยีในการทำแผนที่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และ แผนที่ ออนไลน์ รวมทั้ง Intergraph, Google, Visual Intelligence, Earthmine Roadnet และ Skybox Imaging แมพพ้อยท์เอเซีย เริ่มต้นรากฐานของธุรกิจเกี่ยวกับแผนที่และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องแต่วันนี้เราได้รวมผลิตภัณฑ์ที่มีเทคโนโลยีที่รุดหน้าเพิ่มในการให้บริการของเรา จุดมุ่งหมายของเรา คือ การที่จะนำเทคโนโลยีใหม่ล่าสุดที่สามารถช่วยให้ลูกค้าของเราทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น กลุ่มผู้บริหารของเราได้ทำงานร่วมกันมากว่า 20 ปี ในปี 2000 เราได้เปลี่ยนชื่อของเราเพื่อที่จะสะท้อนให้เห็นถึงผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายมากขึ้นและความครอบคลุมทางด้านภูมิศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่ เราเป็นบริษัทแรกที่บุกเบิกในอุตสาหกรรมด้านนี้ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเราเป็นที่หนึ่งในหลายเทคโนโลยีด้านนี้

TRIMBLE NAVIGATION

Booth Number : B19-B20

Address: 80 Marine Parade Road, #22-06 Parkway Parade, Singapore 449269
Tel: + 65 6348 2212 Fax : +65 6348 2232
email : Andrew_tull@trimble.com Website : www.trimble.com

Positioning-centric information is changing the way people, businesses and governments work throughout the world. By applying Trimble’s advanced positioning solutions, productivity increases and safety improvements are being realized.

For over 35 years, Trimble has created unique positioning products that help customers grow their business. Our portfolio includes over 1,000 patents and serves as the basis for the broadest positioning offerings in the industry. Trimble augments its organic product development with strategic acquisitions to bring the latest positioning technologies to a wider market.

TECHNICAL PROGRAM

การนำเสนอบทความ

การลงทะเบียน

1. ผู้นำเสนอบทความ ต้องลงทะเบียนการนำเสนอบทความ ณ บริเวณหน้าห้อง Meeting Room 2
2. ผู้นำเสนอบทความ ต้องส่งไฟล์ประกอบการนำเสนอกับเจ้าหน้าที่ ณ จุดลงทะเบียนบทความเท่านั้น ตามเวลาที่กำหนด ดังต่อไปนี้

- **วันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2559**

  Session A-B : 10:00-12:00 น.

- **วันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2559**

  Session C : 08:00-08:30 น.
  Session D : 08:00-10:00 น.
  Session E : 08:00-12:00 น.
  Session F : 08:00-14:00 น.

3. ผู้นำเสนอบทความ มาแสดงตัวกับเลขานุการประจำ Session ณ ห้องนำเสนอบทความ ก่อนเริ่ม Session ไม่น้อยกว่า 15 นาที

กติกาการนำเสนอ

- ผู้นำเสนอบทความ มีเวลาการนำเสนอ 20 นาที แบ่งเป็นนำเสนอ 15 นาที และถาม-ตอบ 5 นาที
- สัญญาณกริ่ง
  - ครั้งที่ 1 เมื่อเวลานำเสนอผ่านไป 12 นาที
  - ครั้งที่ 2 หมดเวลานำเสนอ (15 นาที)

เกณฑ์การตัดสิน

• คุณภาพ/เนื้อหาบทความ	40 คะแนน
• ความชัดเจนและเทคนิคการนำเสนอ	35 คะแนน
• การตอบคำถาม	15 คะแนน
• เวลาในการนำเสนอ	10 คะแนน
รวม	100 คะแนน

รางวัลผู้นำเสนอบทความดีเด่น (อายุไม่เกิน 35 ปี)

รางวัลผู้นำเสนอบทความดีเด่น ในปี 2559 มีจำนวน 3 รางวัล ซึ่งจะได้รับโล่รางวัล ใบประกาศเกียรติคุณและรับสิทธิ์เข้านำเสนอผลงานในการประชุม Asian Conference on Remote Sensing (ACRS) 2016 ณ ประเทศศรีลังกา

- การตัดสินของคณะกรรมการตัดสินผลรางวัลผู้นำเสนอบทความดีเด่นถือเป็นสิ้นสุด -

ติดต่อฝ่ายวิชาการ

กาญจน์ กมลบริสุทธิ์ / ชลธิชา จิตรไพบูลย์
โทร. 084-752-7221/ 083-558-2705
อีเมล : geoinfotech@gistda.or.th







กำหนดการนำเสนอบทความ

ประเภทบทความ	SESSION	วันที่	เวลา
Data Processing (DEM, 3D Generation, Change Detection, Automatic Classification)	A1, A2	3 ก.พ. 2559	13:00-14:30
Geo-Informatics for Natural Resources and Management	A3	3 ก.พ. 2559	13:00-14:30
Geo-Informatics for Natural Resources and Management	B1, B2, B3	3 ก.พ. 2559	14:45-16:45
Geo-Informatics for Natural Resources and Management	C1,C2	4 ก.พ. 2559	09:00-10:30
Geo-Informatics for Disaster and Risk Management	D1	4 ก.พ. 2559	10:45-12:15
GNSS and Location Based Service	D2	4 ก.พ. 2559	13:00-14:30
GNSS and Location Based Service	E1	4 ก.พ. 2559	13:00-14:30
Innovative Applications	E2	4 ก.พ. 2559	13:00-14:30
Innovative Applications	F1	4 ก.พ. 2559	14:45-16:30
New Generation Sensors and Applications (Hyperspectral Sensing, UAV, LiDAR)	F2	4 ก.พ. 2559	14:45-16:30
Web Base Service/ Web Basic GIS/ Web Mapping/ Mapping/Database	F3	4 ก.พ. 2559	14:45-16:30

วันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2559

DATA PROCESSING (DEM, 3D GENERATION, CHANGE DETECTION, AUTOMATIC CLASSIFICATION)

A1

13:00-14:30 ห้อง Meeting Room 2
ประธาน : รศ. ดร.ชาลี นาวานุเคราะห์
เลขานุการ : ดร.นรุตม์ สุนทรานนท์

A1-1 (PEER REVIEW)

การวิเคราะห์รังสีผสมเชิงเส้นสำหรับการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพสำหรับข้อมูลภาพไฮเปอร์สเปกตรัล

LINEAR SPECTRAL MIXTURE ANALYSIS FOR HYPERSPECTRAL SUBPIXEL CLASSIFICATION

นารีนาถ รักสุนทร

A1-2 (PEER REVIEW)

การอธิบายลักษณะแนวโน้มสภาวะแล้งในจังหวัดนครราชสีมาโดยใช้ดัชนีความสมบูรณ์ของพืชพรรณ

TREND CHARACTERIZATION OF DROUGHT CONDITION IN NAKHONRATCHASIMA PROVINCE BASED ON VEGETATION HEALTH INDEX

กิตติศักดิ์ เกิดประสพ

A1-3 (PEER REVIEW)

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (POD) ของข้อมูลกระแสน้ำทะเลพื้นผิวจากระบบ HF Radar ในทะเลอันดามัน

POD ANALYSIS OF SURFACE SEA CURRENT DERIVED FROM HF RADAR IN THE ANDAMAN SEA

สายฝน ทมกระโทก

A1-4 (PEER REVIEW)

เปรียบเทียบวิธีการจำแนกพรรณไม้ป่าชายเลนเขตร้อนด้วยวิธี Spectral Angle Mapper กับ Grey Level Co-occurrence Matrix

A COMPARISON OF METHODS USING SPECTRAL ANGLE MAPPER AND GREY LEVEL CO-OCCURRENCE MATRIX FOR CLASSIFICATION OF TROPICAL MANGROVE VEGETATION

เมธี ชัยธีระพันธุ์กุล

A2

13:00-14:30 ห้อง Meeting Room 3
ประธาน : รศ. ดร.ชฎา ณรงค์ฤทธิ์
เลขานุการ : ดร.สิทธิศักดิ์ หมูคำหล้า

A2-1 (PEER REVIEW)

การเปรียบเทียบโครงข่ายเส้นทางไหลของน้ำจากข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขที่มีรายละเอียดต่างกัน

COMPARISONS OF DRAINAGE NETWORK DELINEATION FROM DIFFERENTTHRESHOLDSOF DIGITAL ELEVATION MODELS

ชิงชัย หุมห้อง

A2-2

การทำแบบจำลองความขุ่นของตะกอนชายฝั่งบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา

SEDIMENT MODELLING ON THE CHAO PHRAYA RIVER MOUTH

วัจนันท์ มัตติทานนท์

A2-3 (PEER REVIEW)

การจำแนกลำดับชั้นเชิงวัตถุภาพพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชต ในจังหวัดกาฬสินธุ์

HIERARCHICAL OBJECT-BASED CLASSIFICATION OF THAICHOTE DATA FOR CASH CROPMAPPING IN KALASIN PROVINCE, NORTHEAST THAILAND

วาสนา พุฒกลาง

A2-4 (PEER REVIEW)

ผลการซ่อนข้อมูลลับต่อความแม่นยำของการจำแนกข้อมูล

EFFECTS OF HIDING SECRET IMAGES ON THE ACCURACY OF IMAGE CLASSIFICATION

คัมภีร์ ธีระเวช



GEO-INFORMATICS FOR NATURAL RESOURCES AND MANAGEMENT

A3

13:00-14:30 ห้อง Meeting Room 4
ประธาน : ผศ. ดร.ศักดิ์ชัย ปรีชาวีรกุล
เลขานุการ : ดร.ปรีสาร รักวาทิน

A3-1

การจัดทำแผนที่ชุมชนแบบประหยัดเพื่อการพัฒนาการตั้งถิ่นฐาน บริเวณลุ่มน้ำ 02: การบูรณาการข้อมูลระดับความสูงของที่อยู่อาศัยในการจัดทำแผนที่ชุมชนริมน้ำ

LOW-COST COMMUNITY MAPPING FOR DELTA SETTLEMENT DEVELOPING 02: INTEGRATION OF HOUSEHOLDALTITUDE INFORMATION FOR WATERFRONT VILLAGE MAP.

เสฎฐวุฒิ บำรุงกุล

A3-2 (PEER REVIEW)

การจัดทำแผนที่ชุมชนแบบประหยัดเพื่อการพัฒนาการตั้งถิ่นฐานบริเวณลุ่มน้ำ 01: แผนที่ข้อมูลเชิงระดับของพื้นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง

LOW-COST COMMUNITY MAPPING FOR DELTA SETTLEMENT DEVELOPING 01: GEOGRAPHIC LEVEL MAP OF HOUSEHOLD IN FLOODPLAIN AREA.

เทิดศักดิ์ เตชะกิจขจร

A3-3

การใช้ SRTM และ Google map ในการศึกษากลไกทางธรณีวิทยา

SRTM AND GOOGLE MAP IN GEOLOGICAL MECHANISM STUDY

สุพรรณ สายแก้วลาด

A3-4 (PEER REVIEW)

การออกแบบขั้นตอนวิธีเพื่อค้นหารูปแบบสภาพแล้งในข้อมูลดาวเทียมสำรวจสภาพแวดล้อม

THE DESIGN OF AN ALGORITHM TO SEARCH FOR DROUGHT PATTERNS IN ENVIRONMENTAL SATELLITE DATA

นิตยา เกิดประสพ

B1

14:45-16:45 ห้อง Meeting Room 2
ประธาน : ผศ. ดร.พิพัธน์ เรืองแสง
เลขานุการ : นายกฤษกร อุ้ยนิรันดร์

B1-1 (PEER REVIEW)

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกหอพัก

A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR SELECTION DORMITORY

ฌานันท์ชนม์ คำใบ

B1-2 (PEER REVIEW)

การวิเคราะห์หาตำแหน่งจุดศูนย์กลางกระจายสินค้าของ CP ALL ด้วยการใช้แนวทางของการหาตำแหน่งและการจัดสรร กรณีศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

ANALYSIS OF DISTRIBUTION CENTER POINT LOCATION OF CP ALL UTILIZING LOCATION-ALLOCATION APPROACH: A CASE STUDY, NORTHEASTERN OF THAILAND

ณัฐวุฒิ สุริวงษ์

B1-3 (PEER REVIEW)

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการแบ่งเขตพื้นที่ปลูกอ้อยสำหรับโรงงานน้ำตาล จังหวัดอุดรธานี

GIS APPLICATIONS FOR SUGARCANE ZONING IN UDONTHANI PROVINCE

สมฤทัย สุขเกษม

B1-4 (PEER REVIEW)

การศึกษาปัจจัยทางกายภาพที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยในเขตคลองเตย กรุงเทพมหานครด้วยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ

THE STUDY OF THE PHYSICAL RISK OF FIRE IN KHLONG TOEI DISTRICT OF BANGKOK METROPOLIS WITH GEOINFORMATIC TECHNOLOGY.

กัมปนาท ศิริเรือง

B1-5 (PEER REVIEW)

รูปแบบการเกิดจุดเผาและวิถีการเคลื่อนตัวของมวลอากาศในพื้นที่จังหวัดน่าน

HOTSPOT PATTERN AND AIR MASS TRAJECTORY IN NAN PROVINCE, THAILAND

นิอร สิริมงคลเลิศกุล

B1-6 (PEER REVIEW)

การทำแผนที่ดินลูกรังจังหวัดขอนแก่นด้วยภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8

LATERITICSOIL MAPPING IN KHONKAEN PROVINCE USING LANDSAT 8 SATELLITE IMAGE

ไชยฤทธิ์ เศวตวงษ์

B2

14:45-16:45 ห้อง Meeting Room 3
ประธาน : ผศ. ดร.รัศมี สุวรรณวีระกำธร
เลขานุการ : ดร.รตา สุวรรณทอง

B2-1 (PEER REVIEW)

สมการอย่างง่ายสำหรับการประเมินผลผลิตอ้อย
SIMPLE EQUATION FOR ESTIMATING SUGARCANE YIELD
ปรีชา กาเพ็ชร

B2-2 (PEER REVIEW)

การประเมินรูปแบบการเติบโตของเมืองโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และตัวชี้วัดภูมิทัศน์ : กรณีศึกษาเมืองขอนแก่น
ASSESSING URBAN GROWTH PATTERNS USING GIS AND LANDSCAPE METRICS : A CASE STUDY OF KHONKAEN CITY, THAILAND
เด่นรติ ศรธเดช

B2-3 (PEER REVIEW)

การวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ ดัชนีความชุ่มชื้น และดัชนีพื้นที่ใบจากภาพถ่ายดาวเทียมเทอร์ราโมดิส 10 ปี เพื่อหาชีพลักษณ์ของป่าเต็งรังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย
A-TEN-YEAR ANALYSIS OF TERRA MODIS NDVI NDWI AND LAI FOR PHENOLOGYOF DRY DIPTEROCARP FORESTSIN NORTHEAST REGION OF THAILAND
เอกรัฐ สีขาว

B2-4 (PEER REVIEW)

การวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณเพื่อจำแนกชนิดป่าไม้ของประเทศไทย
ANALYSIS OF VEGETATION INDICES FOR FOREST TYPES CLASSIFICATION IN THAILAND
วีระภาส คุณรัตนสิริ

B2-5 (PEER REVIEW)

การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ด้วยแบบจำลอง CA-MARKOV อำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ต
LAND USE CHANGES PREDICTION USING CA-MARKOV MODEL IN KATHU DISTRICT, PHUKET PROVINCE
นัสรี มิงซู

B3

14:45-16:45 ห้อง Meeting Room 4
ประธาน : ผศ. ดร.อริศรา เจริญปัญญาเนตร
เลขานุการ : ดร.สยาม ลววิโรจน์วงศ์

B3-1 (PEER REVIEW)

การใช้ภาพถ่ายทางอากาศศึกษาการตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจน และทำนายผลผลิตของข้าวโพดและฝ้าย
USING OF AERIAL IMAGERY TO STUDY CORN AND COTTON RESPOND TO VARYING NITROGEN RATES AND IN-SEASON YIELD PREDICTION
ทศนัศว์ รัตนแก้ว

B3-2

รีโมทเซนซิงสำหรับการประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ต่างชนิด
REMOTE SENSING FOR ESTIMATION OF NET PRIMARY PRODUCTIVITY (NPP) OF DIFFERENT FOREST TYPES
ชณัฐฎา แสงงาม

B3-3 (PEER REVIEW)

การตรวจหาพื้นที่ระบาดของเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลังด้วยช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน
DETECTION THE OUTBREAK AREA OF THE CASSAVA MEALYBUG USING THERMAL INFRARED WAVELENGTH
สุจิตรา เจริญหิรัญยิ่งยศ

B3-4

โปรแกรมประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อสนับสนุนโครงการพัฒนาโรงไฟฟ้ากระบี่
GIS APPLICATION FOR SUPPORTING KRABI POWER PLANT PROJECT
กมลรัตน์ จุรีสัมพันธ์

B3-5 (PEER REVIEW)

การประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศเพื่อประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดินตามนโยบายการใช้ที่ดินของรัฐ บริเวณพื้นที่ต้นน้ำลุ่มน้ำย่อยวังทอง จังหวัดเพชรบูรณ์-พิษณุโลก
APPLICATION OF GEOINFORMATICS TO ASSESS LAND USE BASED ON GOVERNMENT POLICY OF HEADWATER SOURCE IN WANGTHONG SUB-WATERSHED, PHETCHABUN-PHITSANULOKPROVINCE.
นันทพร อยู่สะอาด

B3-6

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศร่วมกับข้อมูลที่ดินรายแปลงเพื่อการวางแผนพัฒนาอาชีพและการฟื้นฟูอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมบนพื้นที่สูง
THE APPLICATION OF GEO-INFORMATICS TECHNOLOGY WITH CROPLAND DATA FOR PLANNING OF HIGHLAND AGRICULTURAL EXTENSION AND DEVELOPMENT, AND NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT REHABILITATION
ชญาน์นันท์ ศิระทวีพงศ์

วันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2559

GEO-INFORMATICS FOR NATURAL RESOURCES AND MANAGEMENT

C1

เวลา 9:00-10:30 ห้อง Meeting Room 3
ประธาน : ผศ. ดร.ศิริวิไล ธีระโรจนารัตน์
เลขานุการ : ดร.ปกรณ์ เพ็ชรประยูร

C1-1 (PEER REVIEW)

การประเมินคาร์บอนกักเก็บเหนือพื้นดินของยางพาราโดยอาศัยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยแบบจำลองชีวมณฑล CASA

ESTIMATION OF ABOVE-GROUND CARBON SEQUESTRATION OF PARA RUBBER BASED ON SATELLITE IMAGERIESUSING CASA-BIOSPHERE MODEL

ชณัฐฎา แสงงาม

C1-2

การประยุกต์ข้อมูลสำรวจระยะไกลประเมินรูปแบบการรุกล้ำน้ำเค็มสู่พื้นที่เกษตรกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีนตอนล่าง

APPLICATIONS OF REMOTE SENSING DATA FOR ASSESSING THE PATTERNS OF SALTWATER INTRUSION INTO FARMLAND IN THE LOWER THA CHIN RIVER BASIN

รัตนะ บุลประเสริฐ

C1-3 (PEER REVIEW)

การเปรียบเทียบพื้นที่เหมาะสมในการฝังกลบของเสียที่คำนวณจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กับโปรแกรมเชิงเส้น กรณีศึกษา จังหวัดมหาสารคาม

A COMPARISON OF SUITABLE LANDFILL AREAS AS A RESULT OF GIS WITH LINEAR PROGRAMMING: A CASE STUDY OF MAHASARAKHAM PROVINCE

จิราพร ภาษี

C1-4

การเปรียบเทียบค่าพิกัด ณ จุดเปิดถ่ายของภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข

THE COMPARATIVE STUDY OF EXTERIOR ORIENTATION POINTS OF DIGITAL AERIAL PHOTO

ธาราวิทย์ เสวกดรุณทร

C2

เวลา 9:00-10:30 ห้อง Meeting Room 4
ประธาน: รศ. ดร.สุระ พัฒนเกียรติ
เลขานุการ : นายศุภชัย สกาวแสง

C2-1

การใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศประเมินผลผลิตปาล์มน้ำมันในลุ่มน้ำปากพนัง

USE OF GEO-INFORMATICS TECHNOLOGY TO ASSESSOIL PALM YIELDIN PAK PHANANG BASIN

พีระพิทย์ พืชมงคล ยงเฉลิมชัย

C2-2 (PEER REVIEW)

การประมวลผลชีพลักษณ์พืชพรรณระหว่างรูปภาพField Server และ Landsat 8 เพื่อเปรียบเทียบปฏิทินเพาะปลูกข้าว

VEGETATION PHENOLOGY PROCESSING BETWEEN FIELD SERVER AND LANDSAT 8IMAGES FOR COMPARING RICE CROP CALENDAR

นรุตม์ สุนทรานนท์

C2-3

การประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการมีส่วนร่วมในชุมชนของหมู่บ้านดงห้วยเย็นจังหวัดลำพูนและหมู่บ้านเป๊าะ จังหวัดลำปาง

GIS ANALYSIS APPLICATION FOR COMMUNITIES PARTICIPATION OF DONG HUI YEN VILLAGE LAMPHUN PROVINCE AND PO VILLAGE LAMPANG PROVINCE

ศราวุธ พงษ์ลี้รัตน์

C2-4

การพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อสนับสนุนการดูแลผู้ป่วยโรคจิตเภทในชุมชน เขตบริการสุขภาพที่ 7

THE DEVELOPMENT OF SPATIAL DATABASE TO SUPPORT COMMUNITY HEALTH CARE FOR THE SCHIZOPHRENIA IN THE REGION HEALTH BOARD 7

พิมปภัสสร แสงบัณฑิต

GEO-INFORMATICS FOR DISASTER AND RISK MANAGEMENT

D1

10:45-12:15 ห้อง Meeting Room 3
ประธาน : ดร.สุรชัย รัตนเสริมพงศ์
เลขานุการ : ดร.พันธ์วดี ตั้งพัฒนากุล

D1-1 (PEER REVIEW)

การคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์โดยใช้เทคนิคการสำรวจข้อมูลระยะไกลแบบอัตโนมัติ

THE AUTOMATIC ASSESSMENT WEEKLY OF DROUGHT RISK AREA WITH REMOTE SENSING TECHNIQUE

ณภัสวัฒน์ ราชพิบูลย์

D1-2

การติดตามสถานการณ์หมอกควันในภาคเหนือด้วยแผนที่บันทึกเหตุการณ์

THE HAZE MONITORING IN NORTH REGION WITH TIMELINE MAP

เต็ม ศรีเมฆ

D1-3

การพัฒนาแบบจำลองการเกิดน้ำท่วมในชุมชนเมืองหาดใหญ่โดยใช้ HEC-RAS 2D

THE DEVELOPMENT OF AFLOOD MODEL FOR HATYAI MUNICIPALITY USING HEC-RAS 2D

ศักดิ์ชัย ปรีชาวีรกุล

GNSS AND LOCATION BASED SERVICE

D1-4

ก้าวสู่การระบุตำแหน่งด้วยดาวเทียมนำร่องยุคที่ 3; ความถูกต้องระดับเซนติเมตรเพื่อปวงชน: โอกาสและความท้าทายที่รออยู่

TOWARDS GNSS 3.0; CENTIMETER-LEVEL ACCURACYFOR ALL: OPPORTUNITIES AND CHALLENGING

มนต์ศักดิ์ โซ่เจริญธรรม

GNSS AND LOCATION BASED SERVICE

D2

10:45-12:15 ห้อง Meeting Room 4
ประธาน : ศ. ดร.เฉลิมชนม์ สถิระพจน์
เลขานุการ : ดร.กุลสวัสดิ์ จิตขจรวานิช

D2-1 (PEER REVIEW)

ระบบสารสนเทศสำหรับการสำรวจป้ายรถและเส้นทางเดินรถประจำทางในกรุงเทพมหานครด้วย GPS

AN INFORMATION SYSTEM FOR BMTA BUS STOP AND ROUTE SURVEYS WITH GPS

เนื่องวงศ์ ทวยเจริญ

D2-2 (PEER REVIEW)

การถ่ายทอดเวลาและความถี่ในประเทศไทยด้วยสัญญาณจาก GPS

GPS TIME AND FREQUENCY TRANSFER IN THAILAND

ทยาทิพย์ ทองตัน

D2-3 (PEER REVIEW)

การประมวลผลจุดเดี่ยวความละเอียดสูงโดยใช้ข้อมูลจากระบบดาวเทียมGPS GLONASS และ BeiDouด้วยโปรแกรมPANDA

COMBINED GPS, GLONASS AND BEIDOU PRECISE POINT POSITIONING MODE USING PANDA SOFTWARE

ชัยพร กิจประชา

D2-4 (PEER REVIEW)

การหาอัตราการเคลื่อนตัวและความลึกล็อคของรอยเลื่อนสะกายในพม่าโดยใช้ข้อมูลจีพีเอส

DETERMINATION OF MOVEMENT RATE AND LOCKING DEPTH OF THE SAGAING FAULT IN MYANMAR USING GPS OBSERVATIONS

ทัตวรรณ หลั่งทิม



E1

13:00-14:30 ห้อง Meeting Room 3
ประธาน : ดร.ปริเวท วรรณโกวิท
เลขานุการ : นายเจษฎา เกิดศรีเล็ก

E1-1 (PEER REVIEW)

เทคนิคการวิเคราะห์และประเมินคุณภาพของสัญญาณดาวเทียม GNSS ในการจัดตั้งสถานีตรวจรับสัญญาณดาวเทียมแบบอัตโนมัติ

ANALYSIS AND ASSESSMENT OF GNSS SIGNAL QUALITY FOR AN ESTABLISHMENT OF CONTINUOUS OPERATING REFERENCE STATION (CORS)

เสริม ชินรัตน์

E1-2 (PEER REVIEW)

การประเมินสมรรถนะและการประเมินผลของเวลามาตรฐานประเทศไทย

PERFORMANCES AND EVALUATIONS OF THAILAND STANDARD TIME

พรชนิตว์ มูลอักษร

E1-3 (PEER REVIEW)

การประเมินค่าความถูกต้องในการทำจุดควบคุมภาคพื้นดินด้วยวิธีสถิตอย่างรวดเร็วกับการประมวลผลออนไลน์การหาตำแหน่งจุดเดี่ยวความละเอียดสูง

ACCURACY ASSESSMENT FOR GROUND CONTROL POINTS ESTABLISHMENTBY RAPID-STATIC AND ONLINE PRECISE POINT POSITIONING PROCESSING

นิติ เธียรถาวร

E1-4 (PEER REVIEW)

การประยุกต์ใช้ RTK-GNSS ร่วมกับการประมวลผลภาพจากภาพถ่ายทางอากาศเพื่อประเมินปริมาณการผลิตแร่จากหน้าเหมือง

ANAPPLICATION OF RTK-GNSS WITH AERIAL PHOTO IMAGES FOR MINERAL PRODUCTION ESTIMATION

ชาตินัย ชูสาย

INNOVATIVE APPLICATIONS

E2

13:00-14:30 ห้อง Meeting Room 4
ประธาน : ผศ. ดร.สัญญา สราภิรมย์
เลขานุการ : ดร.สิริพร กมลธรรม

E2-1

การพัฒนาต้นแบบของแอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์มือถือเพื่อปรับปรุงการรายงานอุบัติเหตุบนท้องถนน

DEVELOP MOBILE APPLICATION FOR ADJUST CAR ACCIDENTS REPORT

ธนินนุช ลำเจียก

E2-2 (PEER REVIEW)

การพัฒนาPlugin ใน Quantum GIS สำหรับแสดงผลข้อมูลวิดีโอร่วมกับแผนที่

A DEVELOPMENT OF QUANTUM GIS PLUGIN FOR DISPLAYING VIDEO DATA WITH MAP

สุชาวดี ศิลปรัตน์

E2-3 (PEER REVIEW)

เครื่องมือเพิ่มความเข้มแข็งในงานควบคุมโรคไข้เลือดออกด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บ

STRENGTHENING TOOL FOR DENGUE CONTROL THROUGH WEB GIS

ศักดิ์ดา หอมหวล

E2-4 (PEER REVIEW)

การแปลงภาพถ่ายดาวเทียมที่มีเส้นถนนจากแบบแรสเตอร์ให้อยู่ในรูปแบบวัตถุเชิงพื้นที่

IMAGE VECTORIZATION OF ROAD SATELLITE DATA SETS

ธีรพงศ์ ปานบุญยืน



F1

เวลา 14:45-16:30 ห้อง Meeting Room 2
ประธาน : รศ. ดร.สุวิทย์ อ๋องสมหวัง
เลขานุการ : ดร.ทิพวรรณ วันวิเวก

F1-1 (PEER REVIEW)

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเรียลไทม์เพื่อสนับสนุนการพัฒนาระบบติดตามสถานการณ์ภัยพิบัติ

REAL-TIME TECHNOLOGY FOR SUPPORTING THE DEVELOPMENT OF DISASTER MONITORING SYSTEM

มาโนชญ์ รัตนเนนย์

F1-2

ผลของโพลีโคซานอลและซีโอไลต์จากขี้เถ้าผงสุราต่อสมบัติทางกายภาพของไตรโบโลยีพอลิเมอร์คอมโพสิท

EFFECT OF POLYCASONAL AND ZEOLITE EXTRACTED FROM LIQUOR PRECIPATED ASH ON PHYSICAL PROPERTIES OF TRIBOLOGY POLYMER COMPOSITE

นายปิ่นกมล เรืองเดช

F1-3

การวัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนกลับจากเป้าหมายเฉพาะภายใต้สภาพแวดล้อมของระบบ SAR แบบภาคพื้น

THE MEASUREMENTS OF BACKSCATTERED ELECTROMAGNETIC WAVES FROM CANONICAL TARGETS UNDER GB-SAR ENVIRONMENT

นราเทพ พฤกษหิรัญ

F1-4

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการใช้งานข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์และฐานข้อมูล NoSQL

PERFORMANCE COMPARISON BETWEEN RELATIONAL DATABASE AND NOSQL DATABASE FOR SPATIAL DATA USAGES

พงศกร อุดมบัว

F1-5

การใช้ดาวเทียม Sentinel 1A เพื่อประเมินการผลิตข้าวในประเทศไทย

USE OF SENTINEL 1A FOR EVALUATING RICE PRODUCTION IN THAILAND

พงษ์มณี ทองใบ

F1-6 (PEER REVIEW)

แอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยวในเขตพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ ป่าพันดอนและป่าปะโค จังหวัดอุดรธานี

ANDROID APPLICATION FOR TOURISM SUPPORT SYSTEM IN PHAN DON AND PAKHO NATIONAL FOREST, UDON THANI PROVINCE

ละอองดาว สีนากรุง

NEW GENERATION SENSORS AND APPLICATIONS (HYPERSPECTRAL SENSING, UAV, LIDAR)

F2

เวลา 14:45-16:30 ห้อง Meeting Room 3
ประธาน : ดร.สุพรรณ กาญจนสุธรรม
เลขานุการ : นางสาวจิรัฐิวัล เครือศิลป์

F2-1 (PEER REVIEW)

การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้ภาพถ่ายแบบไฮเปอร์สเปกตรัม กรณีศึกษาตำบลป่าคลอก อำเภอถลาง จังหวัดภูเก็ต

LAND USE AND LAND COVER MAPPING BY HYPERSPECTRAL REMOTE SENSING TECHNIQUES CASE STUDY OF PA KLOK, THALANG, PHUKET

ชินวัชร เหรัญญะ

F2-2

การประยุกต์ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงจากอากาศยานไร้นักบินเพื่อการวิเคราะห์พื้นที่เผาไหม้จากไฟป่า

APPLICATION OF HIGH RESOLUTION AERIAL IMAGERY DATA FROM THE MINI UNMANNED AERIAL VEHICLE (MINI UAV) FOR ANALYSIS AREA BURNED FROM FOREST FIRES

รัตนะ บุลประเสริฐ

F2-3 (PEER REVIEW)

การแยกข้าวที่เป็นโรคและไม่เป็นโรคขอบใบแห้งออกจากกันด้วยเทคนิคการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมของการสำรวจระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัล

BAND SELECTION OF HYPERSPECTRALTECHNIQUEBASE ON A SCENE OF THE EO-1 HYPERION IMAGERY FORSEPARATING RICE WITH AND WITHOUT THE BACTERIAL LEAF BLIGHT DISEASE

ธีรภัทร เลิศปฏิภานพงษ์

F2-4 (PEER REVIEW)

การศึกษาเปรียบเทียบความถูกต้องการยึดโยงพิกัดทางตรงและทางอ้อมของเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน

DIRECT AND INDIRECT GEOREFERENCING ACCURACY COMPARISON IN TERRESTRIAL LASER SCANNER

ณัฐสรณ์ คุปตะวาณิช

F2-5

การประยุกต์ UAV ในการติดตามพื้นที่ป่าชายเลนมหาชัยฝั่งตะวันตก จังหวัดสมุทรสาคร

APPLICATION OF UAV FOR MANGROVE DETERIORATION IN THE WESTERN PART OF MAHACHAI, SAMUTSAKORN PROVINCE

จาตุรนต์ กอนกุล

F2-6

การจำแนกพรรณไม้ยืนต้นโดยประยุกต์ภาพถ่ายรายละเอียดสูงจากระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก บริเวณพื้นที่ศึกษาป่าชุมชนท่าช้าง มูลนิธิชัยพัฒนา จังหวัดจันทบุรี : ผลการศึกษาเบื้องต้น

APPLICATION OF TREE SPECIES CLASSIFICATION USING VERY HIGH RESOLUTION IMAGE FROM MINIATURE UNMANNED AERIAL SYSTEM IN STUDY AREA OF THACHANG-FOREST COMMUNITY (CHAIPATTANA FOUNDATION), CHANTHABURI PROVINCE. : PRELIMINARY RESULTS

เลิศพงศ์ สุวรรณเลิศ

WEB BASE SERVICE/ WEB BASIC GIS/ WEB MAPPING/MAPPING/DATABASE



F3

เวลา 14:45-16:30 ห้อง Meeting Room 4
ประธาน : ผศ. ดร.พรรณี ชีวินศิริวัฒน
เลขานุการ : ดร.ฐนิตา เสือป่า

F3-1 (PEER REVIEW)

การพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กับงานทางด้านประวัติศาสตร์

DEVELOPMENT OF HISTORICAL GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM

วิระพงศ์ จันทร์สนาม

F3-2

เว็บแอพพลิเคชั่นเพื่อบูรณาการข้อมูลการท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ต โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

WEB APPLICATION FOR GIS-BASED TOURISM DATA INTEGRATION OF PHUKET PROVINCE, THAILAND

เอกชัย กกแก้ว



F3-3

ระบบจัดเก็บและให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศ

GEO-INFORMATION STORAGE AND SERVICE SYSTEM

ศรัณยพงศ์ พราหมณ์เสนห์

F3-4

ความได้เปรียบของการถ่ายภาพทางอากาศด้วยกล้องถ่ายภาพทางอากาศเชิงเลข Leica DMC III

BENEFIT OF THE NEW LEICA DMC III AIRBORNE MAPPING SOLUTION

ณัฐวุฒิ พรหมดำรงค์

F3-5

การประเมินประสิทธิภาพข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขผ่านกระบวนการรับรู้ของมนุษย์

THE EFFICIENCY OF DIGITAL AERIAL PHOTO VIA HUMAN PERCEPTION PROCESS

ธารวิทย์ เสวกดรุณทร

การวิเคราะห์รังสีผสมเชิงเส้นสำหรับการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ สำหรับข้อมูลภาพไฮเปอร์สเปกตรัล

Linear Spectral Mixture Analysis for Hyperspectral Subpixel Classification

นารีนาถ รักสุนทร

Nareenart Raksuntorn

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

1 ถนนอู่ทองนอก แขวงวชิระ เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300

โทร 0-2160-1421 ต่อ 11 โทรสาร 0-2160-1440 อีเมล์ nareenart@ssru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพของข้อมูลภาพไฮเปอร์สเปกตรัลด้วยวิธีการวิเคราะห์รังสีผสมเชิงเส้น การจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพเป็นการจำแนกที่แยกแยะว่ามีวัตถุชนิดใดบ้างและปริมาณของวัตถุแต่ละชนิดเหล่านั้นมีค่าเท่าใดที่อยู่ในจุดภาพ วิธีการวิเคราะห์รังสีผสมเชิงเส้นเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการคำนวณหาปริมาณสัดส่วนของวัตถุวิธีนี้ต้องการทราบเพียงจำนวนและชนิดของวัตถุและค่าการสะท้อนรังสีของวัตถุเหล่านั้นเพื่อคำนวณหาปริมาณสัดส่วนของวัตถุ เมื่อจำนวนและชนิดของวัตถุที่ใช้การวิเคราะห์รังสีผสมเชิงเส้นไม่ถูกต้องจะทำให้ปริมาณสัดส่วนที่คำนวณได้มีความคลาดเคลื่อน ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบวิธีการเลือกเซตของชนิดและจำนวนวัตถุที่อยู่ในจุดภาพจริงเพื่อให้ผลการคำนวณปริมาณสัดส่วนมีความถูกต้อง เซตนี้สามารถหาได้จากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองระหว่างค่าการสะท้อนรังสีของจุดภาพและคาดคะเน เมื่อนำวัตถุที่มีความสำคัญมากที่สุดของจุดภาพออกจากการวิเคราะห์รังสีผสมเชิงเส้นจะทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองระหว่างค่าสะท้อนรังสีของจุดภาพและค่าคาดคะเนมีค่าสูงสุด ในทางกลับกันเมื่อนำวัตถุที่มีความสำคัญน้อยที่สุดของจุดภาพออกไปค่าความคลาดเคลื่อนดังกล่าวก็จะมีค่าต่ำสุด ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองจากข้อมูล 2 ชุด ข้อมูลชุดแรกจำลองข้อมูลภาพไฮเปอร์สเปกตรัลจากข้อมูลภาพ Purdue’s Indiana Pineและข้อมูลชุดที่สองจำลองข้อมูลจากค่าการสะท้อนรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากคลังข้อมูล ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าขั้นตอนวิธีที่ได้ออกแบบสามารถกำหนดเซตของชนิดและจำนวนของวัตถุที่อยู่ในจุดภาพที่แท้จริง โดยจะเห็นได้จากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองระหว่างปริมาณสัดส่วนที่แท้จริงและค่าที่ได้จากการคำนวณมีค่าต่ำ และเมื่อเปรียบเทียบผลการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพกับวิธีอื่นที่ใช้วิธีการวิเคราะห์รังสีผสมเชิงเส้นเหมือนกันพบว่า ผลการจำแนกด้วยวิธีที่ออกแบบและพัฒนาใกล้เคียงกับวิธีที่ใช้เงื่อนไขบังคับให้ปริมาณสัดส่วนเป็นค่าบวกและผลรวมปริมาณสัดส่วนเป็น 100% และมีผลการจำแนกสูงกว่าวิธีที่ใช้เงื่อนไขบังคับให้ปริมาณสัดส่วนเป็นค่าบวกเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังให้ผลการจำแนกสูงกว่าวิธีที่ไม่ใช้เงื่อนไขบังคับใด ๆ

คำสำคัญ: ภาพไฮเปอร์สเปกตรัล การจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ การวิเคราะห์รังสีผสมเชิงเส้น

ABSTRACT

This paper presents hyperspectral image sub-pixel classification using Linear Spectral Mixture Analysis (LSMA). Sub-pixel classification is a classification that extracts material types and their fractions present in a given. LSMA is a popular method that is used to calculate fractions. This approach requires the *prior* knowledge of the number of materials and material types and their spectral signatures for calculating fractions. When the number of materials and their types are incorrect, the estimated fractions are inaccurate. This research develops an algorithm for selecting an actual set of the number of materials and their types for a given pixel which results in an accurate fraction estimation. This set will be obtained from the mean square error between the reflectance and its estimate(MSER); when the

major material is removed from the mixture, the MSER will be the maximum and vice versa.This research conducts two major experiments based on two synthetic data sets. The first synthetic data set is generated by signatures obtained from Purdue's Indiana Pine scene. The second synthetic data set is generated by the signatures from a digital library. The results show that the proposed method can identify an actual set of materials for a given pixel. This can be seen from the MSE between the actual fraction and its estimate is low. When compared the sub-pixel classification results with other methods based on spectral mixture analysis, the proposed method offers comparable classification results to that from the one with the two constraints (all non-negative fractions and fraction sum is 100%) imposed. In addition, the proposed method yields a better classification results than the one with all non-negative imposed and the one without any constraints imposed.

KEYWORDS: Hyperspectral imagery, sub-pixel classification, linear spectral mixture analysis

1. บทนำ

โดยทั่วไปการจำแนกข้อมูลจากระยะไกลประกอบไปด้วยการจำแนกจุดภาพและการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ การจำแนกจุดภาพจะเป็นการจำแนกจุดภาพเป็นวัตถุเพียงชนิดหนึ่งชนิดเดียวเท่านั้น ในขณะที่การจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพจะทำการแยกแยะถึงส่วนประกอบของวัตถุที่อยู่ในจุดภาพ หรือเรียกว่าง่ายว่า ปริมาณสัดส่วนของวัตถุที่อยู่ในจุดภาพ การจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพมีข้อดีคือทำให้สามารถมองเห็นทั้งขอบเขตการครอบคลุมพื้นที่และลักษณะการกระจายความหนาแน่นของวัตถุที่อยู่ในในภาพ การจำแนกแบบแรกมักนิยมใช้กับการจำแนกข้อมูลภาพหลายช่วงคลื่นเพื่อหาการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ดินในขณะที่การจำแนกแบบหลังมักนิยมนำไปใช้กับการจำแนกข้อมูลภาพไฮเปอร์สเปกตรัลที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ต่ำกว่ามากเนื่องจากจุดภาพหนึ่ง ๆ มักประกอบด้วยวัตถุหลายชนิด การวิเคราะห์รังสีผสมเชิงเส้นเป็นวิธีที่นิยมนำมาใช้ในการจำแนกข้อมูลจากระยะไกลทั้งการจำแนกจุดภาพและการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ เนื่องจากเป็นวิธีที่ไม่ต้องการตัวอย่างของกลุ่มข้อมูลเพื่อใช้ในการประมวลผล เนื่องจากโดยทั่วไปแล้วภาพที่ใช้งานจริงมักไม่มีตัวอย่างของกลุ่มข้อมูล โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลเป็นภาพที่ครอบคลุมพื้นที่ป่าเขา หรือพื้นทางธรณีวิทยา วิธีการวิเคราะห์รังสีผสมเชิงเส้นนี้ต้องการทราบเพียงจำนวนและชนิดของวัตถุที่อยู่ในภาพทั้งหมด และค่าการสะท้อนรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุเพียงชนิดเดียวของวัตถุเหล่านั้น ซึ่งบางครั้งจำนวนและชนิดของวัตถุและค่าการสะท้อนรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุเพียงชนิดเดียวของวัตถุเหล่านั้นอาจทราบมาล่วงหน้าแล้ว หรือในกรณีที่ไม่ทราบข้อมูลใด ๆ ก็สามารถนำประมวลผลด้วยวิธีการเรียนรู้แบบไม่ควบคุม (unsupervised learning) ได้โดยใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน (k-means clustering technique) หรือ วิธี Virtual Dimensional reduction (VD, Change & Du, 2004)เพื่อทำการประมาณจำนวนวัตถุที่อยู่ในข้อมูลภาพ จากนั้นทำการสกัดค่าการสะท้อนรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุเพียงชนิดเดียวจากข้อมูลภาพด้วยวิธีการสกัดค่าการสะท้อนรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุเพียงชนิดเดียว ตัวอย่างวิธีที่นิยมเช่น วิธี N-FINDR (Winter, 1999)

ในการจำแนกภาพถ่ายจากระยะไกลด้วยวิธีการวิเคราะห์รังสีผสมเชิงเส้นจะทำการจำลองจุดภาพด้วยแบบจำลองผสมเชิงเส้น (Linear Mixture Model) โดยค่าการสะท้อนรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของจุดภาพหนึ่ง ๆ เป็นผลรวมของปริมาณสัดส่วนของวัตถุทุกชนิดที่อยู่ในภาพคูณด้วยปริมาณสัดส่วนของวัตถุ สำหรับทุกจุดภาพผลการคำนวณปริมาณสัดส่วนมีผลรวมทั้งหมดเป็น 100 % และปริมาณสัดส่วนของวัตถุแต่ละชนิดมีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1ปัญหาในการนำการวิเคราะห์รังสีผสมเชิงเส้นนั้นเกิดจากจำนวนวัตถุที่ใช้การวิเคราะห์นั้นจะถูกกำหนดตายตัว และจะกำหนดจากวัตถุจากทุกชนิดที่อยู่ในข้อมูลภาพ ซึ่งหากจุดภาพไม่ได้ประกอบด้วยวัตถุทุกชนิดก็จะทำให้ปริมาณสัดส่วนของวัตถุที่คำนวณได้มีค่าเป็นลบได้ (Gong, Miller, & Spanner, 1994; Ramsey & Christensen, 1998) เมื่อปริมาณสัดส่วนเป็นลบผลการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพก็จะคลาดเคลื่อนตามไปด้วย ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะออกแบบและพัฒนาขั้นตอนวิธีของการวิเคราะห์รังสีผสมเชิงเส้นหรับการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพของภาพไฮเปอร์สเปกตรัล โดยการค้นหาเซตและชนิดของวัตถุที่อยู่ในจุดภาพจริงแล้วนำ

เฉพาะเซตนั้นมาใช้ในกระบวนการวิธีการวิเคราะห์รังสีผสมเชิงเส้นเพื่อให้การจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพมีความถูกต้องมากกว่าการใช้วัตถุทั้งหมดที่อยู่ในข้อมูลภาพดังรายละเอียดที่ได้กล่าวมาแล้ว

2. วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาขั้นตอนวิธีสำหรับการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพของข้อมูลภาพไฮเปอร์สเปกตรัลด้วยวิธีการวิเคราะห์รังสีผสมเชิงเส้น

3. วิธีการวิจัย

ในการวิจัยนี้ได้ออกแบบและพัฒนาขั้นตอนวิธีเพื่อจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพของข้อมูลภาพไฮเปอร์สเปกตรัลด้วยวิธีการวิเคราะห์รังสีผสมเชิงเส้น โดยใช้วิธีการวิธีกำลังสองน้อยสุด (Least squares) เพื่อคำนวณหาค่าปริมาณสัดส่วนของวัตถุ ในหัวข้อนี้ได้แบ่งออกเป็น 4 หัวข้อย่อยได้แก่ วิธีกำลังสองน้อยสุดแบบไม่มีเงื่อนไขบังคับ (Unconstrained least squares: UCLS) วิธีกำลังสองน้อยสุดแบบมีเงื่อนไขบังคับให้ไม่มีเลขลบ(Non-negative constrained least squares:NCLS) วิธีกำลังสองน้อยสุดแบบมีเงื่อนไขบังคับทั้งสองข้อ (Fully constrained least squares: FCLS) และวิธีที่ได้ออกแบบและพัฒนา รายละเอียดปรากฏดังในหัวข้อย่อยถัดไป

3.1 วิธีกำลังสองน้อยสุดแบบไม่มีเงื่อนไขบังคับ

การวิเคราะห์รังสีผสมเชิงเส้นเป็นการใช้แบบจำลองผสมเชิงเส้นเพื่อคำนวณหาปริมาณสัดส่วนของวัตถุแบบจำลองผสมเชิงเส้นสามารถเขียนเป็นสมการคณิตศาสตร์ได้ดังสมการที่ (3.1)

$$\mathbf{r} = \mathbf{M}\boldsymbol{\alpha} + \mathbf{n} \tag{3.1}$$

เมื่อ r คือเวกเตอร์ของจุดภาพขนาด $L \times 1$ ที่ L เป็นจำนวนแบนด์ $\mathbf{M} = [\mathbf{m}_1 \quad \mathbf{m}_2 \quad \cdots \quad \mathbf{m}_p]$ เป็นเมทริกซ์ของค่าการสะท้อนรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุเพียงชนิดเดียว จำนวน p ชนิด และ $\mathbf{m}_j$ เป็นค่าการสะท้อนรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุเพียงชนิดเดียวที่ j^{th} ขนาด $L \times 1$, $\boldsymbol{\alpha} = [\alpha_1 \quad \alpha_2 \quad \cdots \quad \alpha_p]^T$ เป็นเวกเตอร์ปริมาณสัดส่วนของวัตถุ $\boldsymbol{\alpha}_j$ เป็นปริมาณสัดส่วนของ $\mathbf{m}_j$ ที่อยู่ในจุดภาพนั้น และ $\mathbf{n}$ เป็นสัญญาณรบกวนปริมาณสัดส่วนของวัตถุสามารถคำนวณหาได้จากการแก้สมการ (3.1) ด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด ดังสมการที่ (3.2)

$$\hat{\boldsymbol{\alpha}} = (\mathbf{M}\mathbf{M}^T)^{-1}\mathbf{r} \tag{3.2}$$

ค่าปริมาณสัดส่วนที่คำนวณได้จากสมการที่ (3.2) อาจมีโอกาสเป็นเลขลบ หรือเลขที่มีค่ามากกว่าหนึ่งได้ ซึ่งเลขลบ หรือเลขที่มีค่ามากกว่าหนึ่งที่คำนวณได้นั้นไม่สอดคล้องกับข้อเท็จจริงที่ว่า ปริมาณสัดส่วนของวัตถุมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ (ต่อไปในการทดลองนี้จะเรียกว่า เงื่อนไขบังคับข้อที่ 1) แสดงดังสมการที่ (3.3) และผลรวมปริมาณสัดส่วนของวัตถุทั้งหมดมีค่าเป็น 100% (ต่อไปในการทดลองนี้จะเรียกว่า เงื่อนไขบังคับข้อที่ 2) แสดงดังสมการที่ (3.4) หากผลการคำนวณปริมาณสัดส่วนที่ได้เกิดขึ้นในกรณีนี้จะส่งผลทำให้ผลการจำแนกคลาดเคลื่อนได้

$$\alpha_j \geq 0 \tag{3.3}$$

$$\sum_{j=1}^{p} \alpha_j = 1 \tag{3.4}$$

3.2 วิธีกำลังสองน้อยสุดแบบมีเงื่อนไขบังคับให้ไม่มีเลขลบ

จากหัวข้อ 3.1 พบว่าหากสามารถบังคับให้ผลการคำนวณสอดคล้องกับเงื่อนไขบังคับทั้งสองข้อได้ ผลการคำนวณปริมาณสัดส่วนจะสอดคล้องกับข้อเท็จจริงทำให้ผลการจำแนกมีความแม่นยำมากขึ้น สำหรับวิธีในหัวข้อนี้เป็นการเพิ่มเงื่อนไข

บังคับข้อที่ 1 ซึ่งแสดงดังสมการที่ (3.3) ซึ่งการหาคำตอบด้วยวิธีนี้สามารถหาได้หลายวิธี โดยในการทดลองนี้ได้ใช้วิธีสมการกำลังสองในโปรแกรม MATLAB เมื่อมีการเพิ่มเงื่อนไขบังคับการคำนวณก็จะซับซ้อนมากขึ้น

3.3 วิธีกำลังสองน้อยสุดแบบมีเงื่อนไขบังคับทั้งสองข้อ

วิธีกำลังสองน้อยสุดแบบมีเงื่อนไขบังคับทั้งสองข้อเป็นวิธีที่บังคับให้ปริมาณสัดส่วนสอดคล้องกับข้อเท็จจริงทั้งสองข้อ ในการทดลองนี้ได้ใช้วิธีสมการกำลังสองในโปรแกรม MATLAB เช่นเดียวกับการทดลองในเอกสารอ้างอิง (Heinz & Chang, 2001)

3.4 วิธีที่ได้ออกแบบและพัฒนา

โดยทั่วไปข้อมูลภาพไฮเปอร์สเปกตรัลจะครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้างเนื่องจากมีความละเอียดเชิงพื้นที่ต่ำ ดังนั้นจึงมีโอกาสที่เฉพาะบริเวณที่สนใจซึ่งเป็นพื้นที่แคบ ๆ จะประกอบด้วยจำนวนวัตถุที่อยู่ในบริเวณน้อยกว่าจำนวนวัตถุที่อยู่ในภาพทั้งหมด ดังนั้นในการหาปริมาณสัดส่วนของวัตถุที่อยู่ในแต่ละจุดภาพจึงไม่จำเป็นต้องใช้จำนวนและชนิดของวัตถุที่อยู่ในกระบวนการวิเคราะห์รังสีผสมเชิงเส้นที่เหมือนกัน เนื่องจากจุดภาพบางส่วนอาจประกอบด้วยจำนวนและวัตถุชนิดที่แตกต่างจากจุดภาพอื่น ๆ ขั้นตอนวิธีที่ได้ออกแบบและพัฒนาสามารถเขียนเป็นแผนภาพได้ดังรูปที่ 1มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดจุดภาพที่พิจารณา

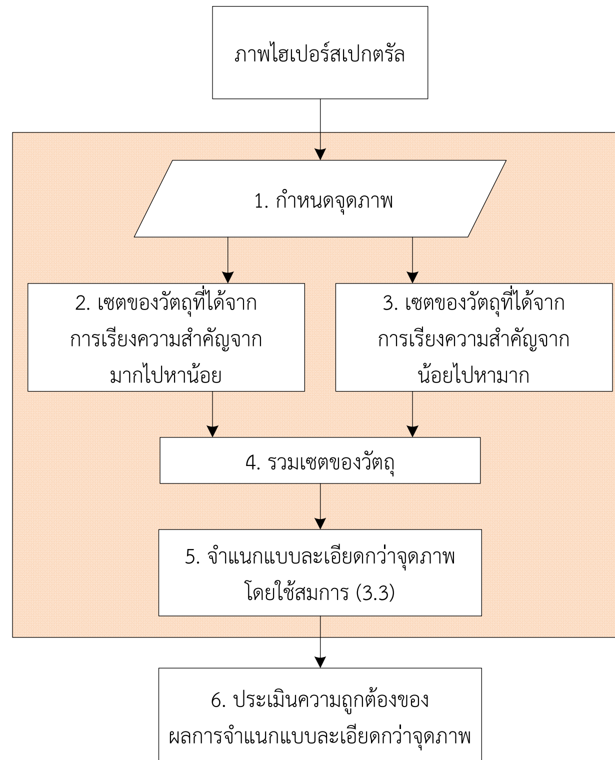
ขั้นตอนที่ 2 กำหนดชนิดวัตถุที่มีความสำคัญของจุดภาพโดยเริ่มการค้นหาจากวัตถุที่มีความสำคัญมากไปหาความสำคัญน้อย แล้วนำเฉพาะวัตถุที่มีความสำคัญมากจำนวนเท่าที่ต้องการไปใช้ในขั้นตอนที่ 4วัตถุที่มีความสำคัญมากในงานนี้วิจัยนี้หมายถึงวัตถุที่มีผลกระทบต่อการคำนวณในการวิเคราะห์รังสีผสมเชิงเส้นมาก ในการทดลองนี้จะหมายถึงค่าเฉลี่ยความความคลาดเคลื่อนกำลังสองระหว่างค่าการสะท้อนรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของจุดภาพและค่าคาดคะเนของมันที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีกำลังสอง วัตถุที่มีความสำคัญมากจะมีผลกระทบมากนั่นคือ หากนำออกจากกระบวนการวิเคราะห์รังสีผสมเชิงเส้นแล้วจะทำให้ค่าคลาดเคลื่อนดังกล่าวมีค่ามาก

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดชนิดวัตถุที่มีความสำคัญของจุดภาพโดยเริ่มการค้นหาจากวัตถุที่มีความสำคัญน้อยไปหาความสำคัญมาก แล้วนำเฉพาะวัตถุที่มีความสำคัญมากจำนวนเท่าที่ต้องการไปใช้ในขั้นตอนที่ 4 วัตถุที่มีความสำคัญน้อยในงานวิจัยนี้จะเป็นในทางตรงกันข้ามกับวัตถุที่มีความสำคัญมากในขั้นตอนที่ 2 นั่นคือ หากนำวัตถุที่มีความสำคัญน้อยออกจากการวิเคราะห์รังสีผสมเชิงเส้นแล้วค่าเฉลี่ยความความคลาดเคลื่อนกำลังสองระหว่างค่าการสะท้อนรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของจุดภาพและค่าคาดคะเนของมันที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีกำลังสองจะมีค่าน้อย

ขั้นตอนที่ 4 นำวัตถุที่มีความสำคัญที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 – 3 มารวมกัน

ขั้นตอนที่ 5 ค้นหาเซตของวัตถุที่ได้จากขั้นตอนที่ 4 ที่ทำให้ผลเฉลยของสมการ (3.2) ซึ่งเป็นปริมาณสัดส่วนของวัตถุของจุดภาพที่มีค่าเป็นเลขบวกทั้งหมดและเป็นเซตที่ให้ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองต่ำสุดและใช้ผลลัพธ์นี้เป็นผลการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ จะเห็นว่าขั้นตอนนี้จะลดความซับซ้อนของกระบวนการคำนวณได้เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้จำนวนวัตถุทั้งหมดที่มีอยู่ในภาพ

ขั้นตอนที่ 6 ประเมินความถูกต้องของผลการจำแนก



รูปที่ 1 ขั้นตอนวิธีของวิธีที่ได้ออกแบบและพัฒนา

4. ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด โดยชุดแรกเป็นการทดลองที่ใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายไฮเปอร์สเปกตรัล และการทดลองชุดที่ 2 เป็นการทดลองโดยใช้ข้อมูลจากคลังข้อมูล รายละเอียดแสดงดังหัวข้อย่อยถัดไป

4.1 การทดลองที่ใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายไฮเปอร์สเปกตรัล

ข้อมูลภาพไฮเปอร์สเปกตรัลที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นข้อมูลภาพที่ได้จากเครื่องตรวจวัดจากระยะไกล Airborne Visible / Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS)ภาพนี้นิยมนำมาใช้ทดสอบกับอัลกอริทึมต่าง ๆ เนื่องจากเป็นภาพที่ให้ ground truth ทำให้สามารถตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำแนกได้ ภาพไอเปอร์สเปกตรัลนี้เรียกตามพื้นที่ที่ครอบคลุมภาพว่า Purdue's Indiana Indian Pine ในการทดลองนี้จะเรียกสั้น ๆ ว่า Indian Pine ซึ่งภาพนี้มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 20 เมตร ความละเอียดเชิงคลื่น 10 นาโนเมตร พิสัยคลื่นอยู่ระหว่าง 400 – 2500 นาโนเมตร ขนาดภาพ 145 × 145 จุดภาพ ตัวอย่างภาพไฮเปอร์สเปกตรัลแสดงดังรูปที่ 2ข้อมูลภาพไฮเปอร์สเปกตรัลนี้สามารถดาวน์โหลดได้ฟรีจากเว็บไซต์ของมหาวิทยาลัย Purdue ที่
https://engineering.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/hyperspectral.html


(ก) แบนด์ 1


(ข) แบนด์ 5

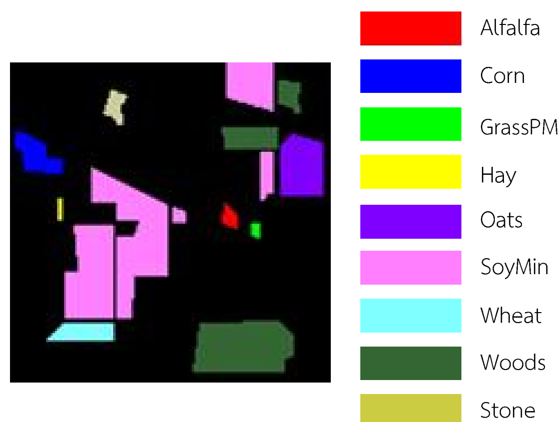

(ค) แบนด์ 50

รูปที่ 2 ข้อมูล Indiana

Indian Pine ประกอบด้วยวัตถุ 16 ชนิด แต่ในการทดลองนี้ได้ใช้เพียง 9 ชนิดเนื่องจากวัตถุบางชนิดมีความใกล้เคียงกันมาก ตารางที่ 1 แสดงชนิดของวัตถุ ชื่อ จำนวนตัวอย่างของวัตถุทั้งหมด (ซึ่งเป็นจุดภาพ ground truth)10% ของจำนวนตัวอย่างของวัตถุแต่ละชนิดถูกเลือกมาใช้เป็นค่าการสะท้อนรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุเพียงชนิดเดียว โดยนำมาเฉลี่ยเป็นค่าการสะท้อนรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุเพียงชนิดเดียวของวัตถุนั้น รูปที่ 3 แสดง ground truth ของวัตถุทั้ง 9 ชนิดที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 1 รายละเอียดของข้อมูล Indiana Pine ที่ใช้ในการทดลอง

ชนิด	ชื่อ	จำนวนตัวอย่างทั้งหมด	จำนวนตัวอย่างที่ใช้เป็นค่าการสะท้อนรังสี
1	Alfalfa	54	5
2	Corn	234	23
3	GrassPM	26	3
4	Hay	489	49
5	Oats	20	2
6	SoyMin	2468	247
7	Wheat	212	21
8	Woods	1294	129
9	Stone	95	10



รูปที่ 3 Ground-truth ทั้ง 9 ชนิดของIndian Pine

การจำลองข้อมูลที่ใช้ในการทดลองนี้ (ค่าการสะท้อนรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุเพียงชนิดเดียวของจุดภาพ หรือเรียกว่าเวกเตอร์ rในสมการที่ (3.1) นั่นเอง) จะจำลองข้อมูลจากค่าเฉลี่ยการสะท้อนรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุเพียงชนิดเดียวของวัตถุแต่ละชนิดที่แสดงในตารางที่ 1 หรือเรียกว่าเมทริกซ์M ในสมการที่ (3.1) นั่นเอง จากนั้นจะทำการจำลองปริมาณสัดส่วนของวัตถุโดยใช้ฟังก์ชันการกระจายแบบ Dirichlet ชนิดของวัตถุในแต่ละการทดลองถูกเลือกด้วยกระบวนการสุ่มอย่างเป็นระบบ การจำลองข้อมูลด้วยวิธีนี้เพื่อทดสอบการทำงานของวิธีที่ได้ออกแบบและพัฒนาเมื่อค่าการสะท้อนรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุเพียงชนิดเดียวที่ใช้ในแบบจำลองรังสีผสมเชิงเส้นมีความแตกต่างกัน ในการทดลองนี้ไม่ได้เพิ่มสัญญาณ

รบกวนเนื่องจากเมทริกซ์Mนำมาจากข้อมูลภาพจริงซึ่งประกอบด้วยสัญญาณรบกวนตามธรรมชาติอยู่แล้ว สำหรับการทดลองชุดแรกนี้ ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 5 การทดลองย่อยสำหรับ 5 กรณีคือ กรณีแรกเมื่อจุดภาพเกิดจากผสมกันจากวัตถุ 2 ชนิดด้วยอัตราส่วน 1:2 และ 1:3 กรณีที่สองเมื่อจุดภาพเกิดจากผสมกันจากวัตถุ3 ชนิดด้วยอัตราส่วน 1:3:5 และ 1:5:10 กรณีที่สามเมื่อจุดภาพเกิดจากผสมกันจากวัตถุ4 ชนิดด้วยอัตราส่วน 1:2:3:4 และ 1:2:4:6 และกรณีสุดท้ายเมื่อจุดภาพเกิดจากผสมกันจากวัตถุ5ชนิดด้วยอัตราส่วน 1:2:3:4:5 และ 1:2:4:6:8 โดยการจำลองข้อมูลภาพไฮเปอร์สเปกตรัลจากจุดภาพตัวอย่างจำนวน 100 จุดภาพ โดยในการทดลองแต่ละชุดได้ทำการจำลองรวม 5 ครั้งจากนั้นหาค่าเฉลี่ย การจำแนกข้อมูลแบบละเอียดกว่าจุดภาพ (ซึ่งก็คือการหาปริมาณสัดส่วนของวัตถุที่อยู่ในจุดภาพนั่นเอง) ในการทดลองนี้ประสิทธิภาพของผลการจำแนกสามารถวัดได้จากความคลาดเคลื่อนกำลังสองระหว่างค่าจริงและค่าที่คำนวณได้ หากมีค่าน้อยกว่าหมายถึงมีประสิทธิภาพสูงกว่า (ค่าที่คำนวณได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงมาก) และในทางตรงกันข้ามหากมีค่าน้อยกว่าจะหมายถึงมีประสิทธิภาพต่ำกว่า ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 2 - 5

ตารางที่ 2 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองระหว่างค่าจริงและค่าที่คำนวณกรณีมีวัตถุสองชนิดผสมกัน

ครั้งที่	2EMs อัตราส่วน 1:2				2EMs อัตราส่วน 1:3			
	วิธีที่ออกแบบ	FCLS	NCLS	UCLS	วิธีที่ออกแบบ	FCLS	NCLS	UCLS
1	4.20E-28	4.90E-25	2.50E-03	3.56E-23	1.26E-28	2.32E-23	3.43E-02	3.56E-23
2	7.53E-28	1.51E-25	7.81E-04	2.16E-23	4.27E-30	1.75E-26	4.45E-04	2.16E-23
3	1.90E-29	1.11E-27	2.23E-05	1.89E-22	7.07E-28	8.51E-24	1.04E-02	1.89E-22
4	1.28E-27	4.02E-24	6.60E-03	5.72E-23	9.83E-28	1.82E-25	6.30E-03	5.72E-23
5	1.04E-27	4.74E-25	1.00E-03	5.95E-24	4.00E-28	1.19E-25	5.98E-04	5.95E-24
เฉลี่ย	7.01E-28	1.03E-24	2.18E-03	6.19E-23	4.44E-28	6.41E-24	1.04E-02	6.19E-23

ตารางที่ 3 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองระหว่างค่าจริงและค่าที่คำนวณกรณีมีวัตถุสามชนิดผสมกัน

ครั้งที่	3EMs อัตราส่วน 1:3:5				3EMs อัตราส่วน 1:5:10			
	วิธีที่ออกแบบ	FCLS	NCLS	UCLS	วิธีที่ออกแบบ	FCLS	NCLS	UCLS
1	3.29E-26	5.62E-24	4.20E-03	6.45E-23	4.97E-26	4.31E-24	5.30E-03	4.85E-23
2	6.41E-26	1.03E-24	9.74E-04	8.12E-23	2.56E-25	3.73E-23	3.10E-03	5.96E-23
3	1.46E-24	6.12E-24	2.19E-04	1.65E-22	3.30E-28	1.72E-23	4.30E-03	2.52E-22
4	1.26E-24	4.00E-23	3.30E-03	2.43E-22	5.54E-26	6.02E-25	3.59E-04	1.06E-22
5	1.89E-26	3.46E-25	8.95E-05	1.28E-23	1.69E-24	4.50E-24	5.39E-05	1.96E-22
เฉลี่ย	5.67E-25	1.06E-23	1.76E-03	1.13E-22	4.11E-25	1.28E-23	2.62E-03	1.32E-22

ตารางที่ 4 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองระหว่างค่าจริงและค่าที่คำนวณกรณีมีวัตถุสี่ชนิดผสมกัน

ครั้งที่	4EMs อัตราส่วน 1:2:3:4				4EMs อัตราส่วน 1:2:4:6			
	วิธีที่ออกแบบ	FCLS	NCLS	UCLS	วิธีที่ออกแบบ	FCLS	NCLS	UCLS
1	3.57E-26	1.88E-23	3.70E-03	2.38E-22	3.34E-26	1.86E-23	2.70E-03	2.63E-22
2	8.85E-27	3.86E-25	9.95E-04	1.33E-23	7.27E-27	4.44E-25	2.10E-03	1.31E-23
3	2.57E-24	4.86E-23	6.40E-03	1.03E-22	3.58E-24	4.32E-23	7.50E-03	8.32E-23
4	7.44E-26	7.18E-24	3.40E-03	7.88E-23	1.45E-25	6.84E-24	4.90E-03	6.97E-23
5	1.52E-24	5.36E-24	2.70E-03	2.53E-23	4.49E-25	4.50E-24	3.40E-03	3.64E-23
เฉลี่ย	8.42E-25	1.61E-23	3.44E-03	9.16E-23	8.44E-25	1.47E-23	4.12E-03	9.30E-23

ตารางที่ 5 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองระหว่างค่าจริงและค่าที่คำนวณกรณีมีวัตถุห้าชนิดผสมกัน

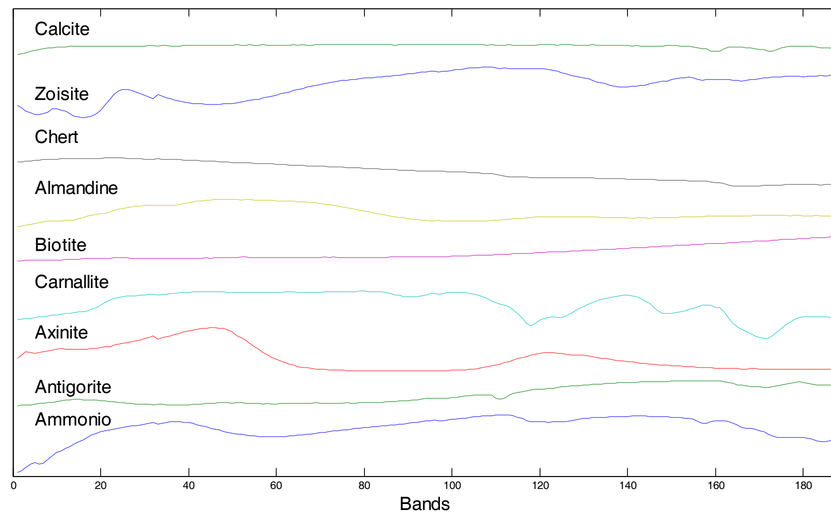
ครั้งที่	5EMs อัตราส่วน 1:2:3:4:5				5EMs อัตราส่วน 1:2:4:6:8			
	วิธีที่ออกแบบ	FCLS	NCLS	UCLS	วิธีที่ออกแบบ	FCLS	NCLS	UCLS
1	5.36E-04	5.89E-23	2.30E-03	1.63E-23	1.52E-04	5.44E-23	2.90E-03	1.25E-23
2	8.83E-05	8.89E-24	4.60E-03	1.59E-23	2.62E-05	5.75E-24	5.40E-03	1.20E-23
3	1.16E-04	4.75E-24	3.20E-03	1.24E-23	2.82E-05	4.04E-24	5.10E-03	7.03E-24
4	1.52E-04	1.59E-23	5.80E-03	3.11E-23	2.59E-05	2.17E-23	6.00E-03	3.75E-23
5	1.39E-04	1.59E-23	1.70E-03	3.58E-23	3.89E-05	1.31E-23	1.50E-03	3.83E-23
เฉลี่ย	2.06E-04	2.09E-23	3.52E-03	2.23E-23	5.43E-05	1.98E-23	4.18E-03	2.15E-23

4.2 การทดลองที่ใช้ข้อมูลจากคลังข้อมูล

ในการทดลองนี้ค่าการสะท้อนรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุเพียงชนิดเดียวได้นำมาจากคลังข้อมูล จากเอกสารอ้างอิง (Clark, *et. al*, 1993) หรือสามารถดาวน์โหลดได้จาก http://www.nasa.orgโดยการเลือกไปที่ฟรีข้อมูล ในการทดลองนี้ได้เลือกค่าการสะท้อนรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุเพียงชนิดเดียวที่อยู่ในคลังข้อมูลด้วยกระบวนการสุ่มอย่างเป็นระบบ 9 ชนิด โดยชื่อของวัตถุแสดงรายละเอียดในตารางที่ 6และค่าการสะท้อนรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุเพียงชนิดเดียวแสดงดังรูปที่ 4

ตารางที่ 6 ชื่อของวัตถุที่นำมาจากคลังข้อมูล

ชนิด	ชื่อ
1	Ammonio
2	Antigorite
3	Axinite
4	Carnallite
5	Biotite
6	Almandine
7	Chert
8	Zoisite
9	Calcite



รูปที่ 4 กราฟของค่าการสะท้อนรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุเพียงชนิดเดียว

ข้อมูลจำลองถูกจำลองด้วยวิธีในเอกสารอ้างอิง (Miao & Qi, 2007) ในการทดลองได้จำลองข้อมูลด้วยจำนวน 2,000จุดภาพ การทดลองนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดแรกทุกจุดภาพของข้อมูลจำลองเกิดจากการผสมกันของวัตถุที่คงที่ 23 4 และ 5 ชนิด เพื่อวัดว่าเมื่อจุดภาพเกิดจากการผสมของจำนวนวัตถุที่มากขึ้น ชนิดของวัตถุเกิดจากกระบวนการสุ่มอย่างเป็นระบบ วิธีที่ออกแบบและพัฒนาจะสามารถจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพได้อย่างแม่นยำหรือไม่ และนอกจากนี้ยังเพิ่มสัญญาณรบกวนเข้าไปในข้อมูลจำลองด้วยโดยอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (signal-to-noise ratio) มีค่า 20 dB 30 dB และ 40 dB โดยในการทดลองแต่ละชุดได้ทำการจำลองรวม 5 ครั้งจากนั้นหาค่าเฉลี่ยผลการทดลองแสดงในตารางที่ 7 - 8

ตารางที่ 7 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองระหว่างค่าจริงและค่าที่คำนวณกรณีมีวัตถุ 2หรือ3ชนิดผสมกัน

วิธี	2EMs			3EMs		
	20dB	30dB	40dB	20dB	30dB	40dB
วิธีที่ออกแบบ	1.12E-05	1.19E-05	1.10E-06	1.59E-04	1.75E-05	1.69E-06
FCLS	9.65E-06	9.46E-06	9.31E-07	1.79E-04	1.91E-05	1.94E-06
NCLS	4.76E-05	3.77E-05	1.18E-05	2.03E-04	2.22E-05	2.52E-06
UCLS	7.46E-05	6.77E-05	5.95E-06	6.24E-04	4.46E-05	4.52E-06

ตารางที่ 8 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองระหว่างค่าจริงและค่าที่คำนวณเมื่อมีวัตถุ 4 หรือ 5 ชนิดผสมกัน

วิธี	4EMs			5EMs		
	20dB	30dB	40dB	20dB	30dB	40dB
วิธีที่ออกแบบ	2.27E-04	3.30E-05	3.20E-06	7.20E-03	3.45E-03	3.28E-03
FCLS	2.33E-04	3.28E-05	3.27E-06	9.12E-03	5.53E-05	5.78E-06
NCLS	3.52E-04	6.35E-05	1.33E-05	4.84E-03	1.03E-04	2.75E-05
UCLS	6.29E-04	8.35E-05	6.03E-06	5.15E-03	7.90E-05	9.96E-06

ในการทดลองชุดที่สอง จุดภาพของข้อมูลจำลองเกิดจากการผสมกันของวัตถุ 2 3 และ 4 ชนิดจำนวน 667 667 และ 666 จุดภาพตามลำดับชนิดของวัตถุเกิดจากกระบวนการสุ่มอย่างเป็นระบบ ข้อมูลจำลองถูกเพิ่มสัญญาณรบกวนเพื่อให้ได้อัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนเป็น 20 dB 30 dB และ 40 dB ข้อมูลจำลองถูกจำลองด้วยวิธีในเอกสารอ้างอิง (Miao & Qi, 2007) มีจำนวน 2,000 จุดภาพแล้วทำการจำแนกแบบละเอียดจำนวน 5 ครั้งจากนั้นหาค่าเฉลี่ยเพื่อทำการเปรียบเทียบ ผลการทดลองแสดงในตารางที่9

ตารางที่ 9 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองระหว่างค่าจริงและค่าที่คำนวณกรณีมีวัตถุ 2- 4 ชนิดผสมกัน

วิธี	อัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน		
	20dB	30dB	40dB
วิธีที่ออกแบบ	0.0047	0.0037	0.0038
FCLS	0.0047	0.0037	0.0038
NCLS	0.0050	0.0037	0.0038
UCLS	0.0067	0.0041	0.0071

5. วิจารณ์ผลและสรุป

เมื่อพิจารณาการทดลองในหัวข้อ 4.1จากผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 2 - 4ซึ่งเป็นการทดลองเมื่อจุดภาพเกิดจากการผสมของวัตถุ 2 3 และ 4 ชนิด ด้วยอัตราส่วนที่แตกต่างกัน (อัตราส่วนน้อยกว่า และอัตราส่วนมากกว่า) พบว่า ผลการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพด้วยวิธีที่ได้ออกแบบและพัฒนามีค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองระหว่างปริมาณสัดส่วนจริงกับปริมาณสัดส่วนที่คำนวณได้ต่ำกว่าผลการจำแนกจากทั้งวิธี FCLS NCLS และ UCLS ผลการจำแนกจากวิธี FCLS มีค่าต่ำรองลงมา ตามด้วยวิธี UCLS ในขณะที่ผลการจำแนกด้วยวิธี NCLS มีค่าต่ำสุดทุกกรณี ทั้งนี้เนื่องจากวิธี NCLS เพิ่มเงื่อนไขบังคับเพียงกรณีเดียวคือบังคับให้ปริมาณสัดส่วนทั้งหมดมีค่าเป็นบวก ถึงแม้ผลของ UCLS จะมีค่าต่ำสุดแต่ปริมาณสัดส่วนของวัตถุบางชนิดมีค่าเป็นลบ แต่เมื่อจุดภาพประกอบด้วยวัตถุมากขึ้นดังแสดงในตารางที่ 5 จุดภาพประกอบด้วยวัตถุ 5 ชนิด ผลการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพด้วยวิธีที่ได้ออกแบบและพัฒนามีค่าต่ำลง โดยมีค่าต่ำกว่าวิธี FCLS และ UCLS ซึ่งวิธี FCLS เป็นวิธีที่ใช้เงื่อนไขบังคับทั้งสอง และเป็นที่สังเกตว่าปริมาณสัดส่วนของวัตถุบางชนิดที่ได้จากวิธี UCLS มีค่าลบ จากผลการทดลองในชุดนี้ได้แสดงให้เห็นว่าวิธีที่ออกแบบและพัฒนาจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพได้ดีเมื่อจุดภาพประกอบด้วยวัตถุอยู่ระหว่าง 2 – 4 ชนิด เมื่อจำนวนวัตถุมากขึ้นประสิทธิภาพในการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากจุดภาพที่ประกอบด้วยวัตถุมากขึ้นวัตถุที่อยู่ในจุดภาพที่มีสัดส่วนน้อยจะมีปริมาณสัดส่วนน้อยมาก และวัตถุที่อยู่ในจุดภาพที่มีสัดส่วนมากก็จะมีปริมาณสัดส่วนมากกว่ามาก แต่วัตถุที่อยู่ในจุดภาพที่มีสัดส่วนปานกลางจะมีปริมาณสัดส่วนปานกลางซึ่งมีผลกระทบต่อการจัดเรียงความสำคัญจากน้อยไปหามาก หรือจากมากไปหาน้อย ทำให้วัตถุเหล่านี้อาจถูกกำจัดออกไปจากการจัดเรียงลำดับความสำคัญทั้งสองแบบ ซึ่งส่งผลให้ปริมาณสัดส่วนที่คำนวณได้แตกต่างจากปริมาณสัดส่วนจริงมาก

เมื่อพิจารณาการทดลองในหัวข้อ 4.2 จากผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 7 ซึ่งเป็นการทดลองเมื่อจุดภาพเกิดจากการผสมของวัตถุ 2 และ 3 ชนิด ด้วยอัตราของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนขนาด 20 dB 30 dB และ 40 dB พบว่า ผลการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพด้วยวิธีที่ได้ออกแบบและพัฒนามีค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองระหว่างปริมาณสัดส่วนจริงกับปริมาณสัดส่วนที่คำนวณได้ต่ำกว่าวิธีNCLS และUCLS ทุกกรณี และเมื่อเปรียบเทียบกันวิธี FCLS พบว่าผลการจำแนกใกล้เคียงกันโดยมีบางกรณีที่ต่ำกว่าเล็กน้อย เมื่อเพิ่มจำนวนวัตถุที่อยู่ในจุดภาพเป็น 4 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 8 พบว่าผลการจำแนกด้วยวิธีที่ได้ออกแบบและพัฒนาใกล้เคียงกับวิธี FLCS และมีผลการจำแนกสูงกว่าทั้งวิธี NCLS และ UCLS แต่เมื่อจำนวนวัตถุที่อยู่ในจุดภาพเป็น 5 ชนิด พบว่า ผลการจำแนกด้วยวิธีที่ออกแบบและพัฒนามีค่าต่ำลง และต่ำกว่าผลการจำแนกด้วยวิธี FLCS เล็กน้อย ผลการจำแนกด้วยวิธี UCLS มีค่าต่ำสุดในทุกกรณี สำหรับข้อมูลจริงจุดภาพที่อยู่ในข้อมูลภาพมักจะประกอบด้วยจำนวนและชนิดของวัตถุแตกต่างกัน ดังนั้นในการทดลองจึงได้จำลองข้อมูลที่เกิดจากการผสมระหว่าง 2 –

4 ชนิด จากผลการทดลองในตารางที่ 9 พบว่า ผลการจำแนกด้วยวิธีที่ออกแบบและพัฒนาและวิธี FCLS มีค่าเท่ากันและมีค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองต่ำสุด ตามด้วยผลการจำแนกด้วยวิธี NCLS สำหรับวิธี UCLS ยังให้ผลการจำแนกต่ำสุดในทุกกรณีเช่นเดิม โดยค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองมีค่าสูงสุด จากผลการทดลองทั้งหมดพบว่า เมื่ออัตราสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงขึ้นผลการจำแนกจะมีความถูกต้องสูงขึ้นตามไปด้วย

บทความนี้ได้นำเสนอการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพของข้อมูลภาพไฮเปอร์สปกตรัลด้วยวิธีการวิเคราะห์รังสีผสมเชิงเส้น โดยใช้วิธีกำลังสองน้อยสุดแบบไม่มีเงื่อนไขในการคำนวณหาปริมาณสัดส่วนของวัตถุ วิธีที่ออกแบบและพัฒนาได้ทำการจัดเรียงลำดับความสำคัญของวัตถุที่อยู่ในจุดภาพจากความสำคัญมาก และเรียงลำดับจากความสำคัญน้อยจากนั้นนำจำนวนวัตถุที่ได้จากการจัดลำดับตามจำนวนที่ต้องการมาผ่านกระบวนการวิธีวิเคราะห์รังสีผสมเชิงเส้นเพื่อทำการค้นหาชนิดและจำนวนของวัตถุที่ปรากฏอยู่ในจุดภาพจริง แล้วใช้ชนิดและจำนวนของวัตถุที่ได้นั้นทำการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีที่ได้ออกแบบและพัฒนาสามารถจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพของข้อมูลไฮเปอร์สเปกตรัลได้ดีเมื่อจุดภาพประกอบด้วยจำนวนวัตถุระหว่าง 2 – 4 ชนิด และหากจุดภาพประกอบด้วยวัตถุที่มากขึ้นแล้วผลการจำแนกจะต่ำลงผลการจำแนกด้วยวิธีที่ออกแบบและพัฒนาใกล้เคียงกับวิธี FCLS ซึ่งเป็นวิธีที่การคำนวณที่ซับซ้อนเนื่องจากเป็นวิธีที่ใช้เงื่อนไขบังคับทั้งสองข้อ และนอกจากนี้ยังพบว่าวิธีที่ออกแบบและพัฒนาให้ผลการจำแนกดีกว่าวิธี NCLS และ UCLS

6. ข้อเสนอแนะ

จากประสบการณ์ในการทำการทดลองพบว่า จำนวนของวัตถุที่อยู่ในจุดภาพมีผลกระทบต่อผลการจำแนกแบบละเอียดของวิธีที่ออกแบบและพัฒนา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดเรียงความสำคัญซึ่งเกิดจากการจัดเรียงทีละชนิด ซึ่งหากวัตถุมีปริมาณสัดส่วนใกล้ ๆ กันแล้ว การจัดเรียงอาจไม่ถูกต้องเมื่อจำนวนวัตถุที่ถูกจัดเรียงเหลือน้อยลง ดังนั้นในงานวิจัยในอนาคตจึงอาจทำการจัดเรียงครั้งละ 2 ชนิดเพื่อลดผลกระทบดังกล่าว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนบางส่วนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ผู้เขียนขอกราบขอพระคุณคณะกรรมการพิจารณาบทความทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำในการแก้ไขและปรับปรุงบทความฉบับนี้ทำให้บทความมีความถูกต้องและสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

C.-I Chang and Q. Du. (2004). Estimation of number of spectrally distinct signal sources in hyperspectral imagery.**IEEE Transactions on Geoscience Remote Sensing**.vol. 42. no. 3. pp. 608-619.

Clark,R. N., Swayze, G. A., Gallagher, A. J., King, T. V. V. & Calvin, W. M. (1993). The U.S. Geological survey, digital spectral library: Version 1:0.2 to 3.0microns.***U.S. Geol. Surv***., Denver. CO. USGS Open File Rep. 93-592.

Gong, P., Miller, J. R., & Spanner, M. (1994). Forest canopy closure from classificationand spectral unmixing of scene components Multisensor evaluation of an opencanopy. **IEEE Transaction on Geoscience Remote Sensing**. vol. 32. no. 5. pp. 1067-1079.

Heinz, D., & Chang, C.-I. (2001). Fully constrained least squares linear mixture analysis for material quantification in hyperspectral imagery. **IEEE Transactions on Geoscience Remote Sensing**. vol. 39. no. 3. pp. 529-545.

L. Miao and H. Qi, (2007). Endmember extraction from highly mixed data using minimum volume constrained nonnegative matrix factorization.**IEEE Transactions on Geoscience Remote Sensing**. vol. 45. no. 3. pp. 765-777.

Ramsey, M. S., & Christensen, P. R. (1998). Mineral abundance determination: Quantitative deconvolution of thermal emission spectral. **Journal of Geophysics Research**. 103(B1). 577-596.

Winter, M.E. (1999). N-findr: an algorithm for fast autonomous spectral endmember determination in hyperspectral data. **Proceeding SPIE**. 3755. pp.266-277.

การอธิบายลักษณะแนวโน้มสภาวะแล้งในจังหวัดนครราชสีมาโดยใช้ดัชนีความสมบูรณ์ของพืชพรรณ

Trend Characterization of Drought Condition in NakhonRatchasima Province Based on Vegetation Health Index

กิตติศักดิ์ เกิดประสพ และ นิตยา เกิดประสพ

Kittisak Kerdprasop and Nittaya Kerdprasop

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา

โทรศัพท์ 044-224-349 / e-mail: KittisakThailand@gmail.com

บทคัดย่อ

สภาวะแล้งมีผลกระทบอย่างร้ายแรงต่อทุกคนและคาดว่าจะเป็นผลไม่พึงปรารถนาอีกประการหนึ่งของปรากฏการณ์โลกร้อน โดยปกตินักอุตุนิยมวิทยาจะใช้ข้อมูลสภาพอากาศประกอบกับแบบจำลองเชิงสถิติในการเฝ้าระวังและคาดการณ์ความแห้งแล้ง ในบทความวิจัยนี้ผู้วิจัยเสนอแนวทางการใช้ข้อมูลการรับรู้ระยะไกลจากดาวเทียมสำรวจสภาพแวดล้อมโลกของหน่วยงานโนอา ร่วมกับข้อมูลปริมาณฝนจากสถานีภาคพื้นดิน เพื่อสร้างแบบจำลองสมการถดถอยหลายตัวแปรสำหรับเฝ้าระวังสภาวะแล้งในเขตพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา สภาวะแล้งใช้การแปลผลจากปริมาณฝนการสร้างแบบจำลองประเมินปริมาณฝนใช้ค่าดัชนีความสมบูรณ์ของพืชพรรณและค่าดัชนีอื่น ๆ จากข้อมูลดาวเทียมโนอาในช่วงระยะเวลาย้อนหลังสามทศวรรษ โดยแบ่งข้อมูลเป็นช่วงย่อยช่วงละห้าปีเพื่อให้สามารถสังเกตลักษณะแนวโน้มได้อย่างชัดเจน ผลการศึกษาพบว่าการใช้ค่าดัชนีจากข้อมูลดาวเทียมโนอาร่วมกับข้อมูลปริมาณฝนย้อนหลังสองเดือนสามารถคาดปริมาณฝนในเดือนปัจจุบันได้แน่นอนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 56 เป็นร้อยละ 63

คำสำคัญ: สภาวะแล้ง; ดัชนีความสมบูรณ์ของพืชพรรณ; แบบจำลองสมการถดถอยหลายตัวแปร

ABSTRACT

Drought has a serious impact to everyone and it is expected to be one unwanted phenomenon from the global warming effects. Normally, meteorologists use the weather data and statistical model to monitor drought condition. In this paper, we propose an approach based on the remotely sensed data obtained from the NOAA environmental satellites together with the ground-basedrainfall data to build multivariate regression models for drought monitoring in the NakhonRatchasima provincial area. Drought can be inferred from precipitation. The trend of drought condition based on the vegetation health and other indices during the past three decades has been observed. We use the 5-year interval timeframe to characterize the trend and its deviation. We found that with the proposed model of two month lagging period analysis the determination in precipitation estimation can be improved from 56% to 63%.

KEY WORDS: Drought condition, vegetation health index, multivariate regression models

1. บทนำ

ประเทศไทยมีพื้นที่ทั้งหมด 513,115.02 ตารางกิโลเมตร ในจำนวน 77 จังหวัด จังหวัดนครราชสีมามีพื้นที่มากที่สุดในประเทศไทย มีเนื้อที่รวม 12.81ล้านไร่ หรือ 20,493.96 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 3.99ของพื้นที่รวมทั้งประเทศ การใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดนครราชสีมาจำแนกเป็นพื้นที่เกษตรร้อยละ 69.73 พื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 17.94 พื้นที่แหล่งน้ำร้อยละ 2.19 พื้นที่ชุมชนและอื่น ๆ ร้อยละ 10.14 จากสัดส่วนการใช้พื้นที่จะเห็นได้ว่าเกษตรกรรมเป็นอาชีพหลักที่สำคัญของประชาชน พืชเศรษฐกิจของจังหวัดนครราชสีมาประกอบด้วยมันสำปะหลัง ผลิตได้เป็นอันดับ 1 ของประเทศ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ผลิตได้เป็นอันดับ 2 ของประเทศ อ้อยผลิตได้เป็นอันดับ 4 ข้าวนาปีผลิตได้เป็นอันดับ 5 และข้าวนาปรังผลิตได้เป็นอันดับ 12 (ข้อมูลจากจังหวัดนครราชสีมา, www.nakhonratchasima.go.thและสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาระบบราชการ, www.igpthai.org/NS057/main.html สืบค้นเมื่อ 17 พ.ย. 2558)

ข้อมูลพื้นฐานดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าจังหวัดนครราชสีมาเป็นพื้นที่เกษตรที่สำคัญของประเทศไทย แต่ลักษณะดินในเขตจังหวัดนี้ส่วนใหญ่เป็นดินเค็ม มีสภาพไม่อุ้มน้ำ ทำให้เสี่ยงต่อสภาวะพืชขาดน้ำเมื่อฝนทิ้งช่วงผิดปกติหรือปริมาณฝนน้อยกว่าที่ควรจะเป็น

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์หลักที่จะศึกษาและพัฒนาแบบจำลองที่สามารถใช้ข้อมูลจากดาวเทียม NOAA (National Oceanic & Atmospheric Administration) ของประเทศสหรัฐอเมริกาเพื่อคาดการณ์ปริมาณน้ำฝน ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่น้อยผิดปกติจากช่วงเวลาเดียวกันของปีอื่น ๆ เป็นสิ่งบอกเหตุของการเกิดสภาวะแล้ง แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นจะอยู่ในลักษณะของสมการถดถอยที่มีตัวแปรต้นหรือตัวแปรบ่งชี้หลายตัวแปร ตัวแปรต้นส่วนใหญ่จะเป็นค่าดัชนีที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณความสมบูรณ์ของพืชพรรณ ดัชนีเหล่านี้จะถูกใช้เป็นปัจจัยหลักในการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนซึ่งเป็นตัวแปรตามหรือตัวแปรเป้าหมาย ในการสร้างแบบจำลองคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนผู้วิจัยเสนอแนวคิดของการใช้ข้อมูลที่มีการหน่วงเวลา นั่นคือใช้ข้อมูลย้อนหลังหนึ่งถึงสองช่วงเวลาเพื่อจะประเมินปริมาณฝน ณ ช่วงเวลาปัจจุบัน ผลการทดสอบพบว่าโมเดลที่มีการหน่วงสองช่วงเวลาจะให้การประมาณการน้ำฝนที่แน่นอนได้ดีขึ้นกว่าการไม่ใช้ข้อมูลที่มีการหน่วงเวลา

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเกี่ยวกับสภาวะแล้งและการพัฒนาดัชนีที่จะใช้เป็นเครื่องมือวัดความแห้งแล้ง ได้รับความสนใจและศึกษามาอย่างต่อเนื่องยาวนาน (วิรัช วรานุจิตต์และคณะ, 2554) สภาวะแล้งจะสัมพันธ์กับปริมาณฝน นักวิจัยจำนวนมากจึงพยายามสร้างโมเดลหรือแบบจำลอง รวมถึงพัฒนาเทคนิคต่าง ๆ ที่จะคำนวณปริมาณฝนได้ล่วงหน้า การพัฒนาโมเดลต่าง ๆ นี้มีทั้งที่ใช้เครื่องมือวัดภาคพื้นดิน (Marzano et al., 2004; Marzano et al., 2005) และใช้ข้อมูลจากดาวเทียมสำรวจสภาพอากาศ (Kidd, 2001; Levizzani et al., 2002; Tapiador et al., 2004; Bellerby, 2009)

นอกจากการใช้วิธีคำนวณปริมาณฝนเพื่อคาดการณ์สภาวะแล้ง การใช้ดัชนีพืชพรรณที่วัดได้จากอุปกรณ์ตรวจจับรังสีของดาวเทียมยังเป็นปัจจัยทางอ้อมที่ใช้แปลผลเป็นความสมบูรณ์หรือความแห้งแล้งของแต่ละพื้นที่ได้ (Quiring et al., 2010) การศึกษาสภาวะแล้งในแนวทางนี้นิยมใช้ดัชนีผลต่างพืชพรรณมาตรฐาน (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) เป็นปัจจัยสำคัญในการประเมินความรุนแรงของสภาวะแล้ง (แคแสด มงคลสวัสดิ์และคณะ, 2553; เอกรัฐ สีขาวและคณะ, 2558; Boken et al., 2004; Karnieli et al., 2010; Jalili et al., 2014)

Kogan (2001) ได้เสนอแนวคิดว่าการใช้ NDVI เพียงปัจจัยเดียวในการประเมินสภาวะแล้ง ยังให้ผลที่ไม่ดีเท่าที่ควร เขาได้เสนอดัชนีใหม่ที่ชื่อว่าดัชนีความสมบูรณ์ของพืชพรรณ (Vegetation Health Index, VHI) โดยรวมดัชนีความชื้นเข้ากับดัชนีความร้อน การวัดค่าความชื้นและความร้อนนี้ใช้เครื่องวัดการแผ่รังสี เครื่องมือนี้มีชื่อเฉพาะว่า Advance Very High Resolution Radiometer (AVHRR) ติดตั้งอยู่บนดาวเทียม NOAA ข้อมูลของ NOAA-AVHRR ครอบคลุมการสำรวจพื้นที่ทั่วโลกและเผยแพร่ฟรี จึงมีนักวิจัยจำนวนมากใช้ข้อมูลนี้ในการวิเคราะห์สภาวะแล้งของพื้นที่เฉพาะในแต่ละประเทศ (Boken et al., 2004; Bayarjargal et al., 2006; Kogan, 2011; Jalili et al., 2014)

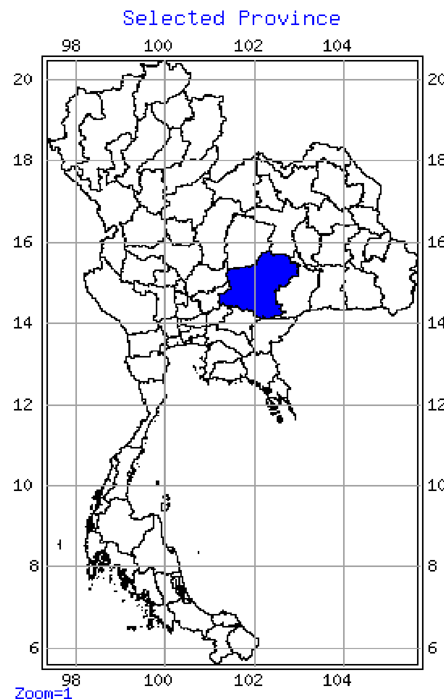
จากผลการศึกษาของ Bokenและคณะ (2004) พบว่าดัชนีVHI เป็นปัจจัยที่ให้ผลการวิเคราะห์พื้นที่ชลประทานได้ดีกว่าดัชนี NDVI และจากผลสรุปของ Bayarjargalและคณะ (2006) ระบุว่าการใช้ดัชนีวิเคราะห์ความแห้งแล้งที่ได้จาก NOAA-AVHRR สามารถประเมินพื้นที่แห้งแล้งได้เป็นบริเวณกว้างกว่าการใช้ดัชนีความรุนแรงสภาวะแล้งของปาล์มเมอร์ (Palmer Drought Severity Index) นอกจากนี้ทีมวิจัยของ Bayarjargalยังได้สรุปว่าการใช้ดัชนีแต่ละกลุ่มย่อยที่แตกต่างกันไปของ NOAA-AVHRR จะให้ผลลัพธ์ที่ดีแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และในแต่ละช่วงเวลา

สืบเนื่องจากผลสรุปเหล่านี้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะใช้ข้อมูล NOAA-AVHRR กับพื้นที่ประเทศไทยโดยศึกษาเฉพาะเขตจังหวัดนครราชสีมา เพื่อเป็นกรณีตัวอย่างในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี VHI รวมถึงดัชนีอื่น ๆ ที่ได้จาก NOAA-AVHRR กับการประเมินปริมาณน้ำฝนในเขตจังหวัดนครราชีมาสำหรับแปลผลเป็นการคาดการณ์สภาวะแล้ง

3. วิธีการศึกษา

3.1ขอบเขตการศึกษา

งานวิจัยนี้ศึกษาข้อมูลฝนและความสมบูรณ์ของพืชพรรณในจังหวัดนครราชสีมา ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ของจังหวัดนครราชสีมาอยู่บนที่ราบสูงโคราชระหว่างละติจูด 15 องศาเหนือและลองติจูด102 องศาตะวันออก (รูปที่ 1) เขตการปกครองแบ่งเป็น 26 อำเภอและ 6 กิ่งอำเภอ มีพื้นที่ 12,808,728 ไร่ หรือ 20,493.96 ตารางกิโลเมตร ลักษณะภูมิประเทศประกอบด้วยภูเขาสูง ที่ราบลุ่ม พื้นที่ลูกคลื่นลอนตื้นและลอนลึก ความสูงเฉลี่ยของพื้นที่ประมาณ 174 เมตร (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2550; จัตุรงค์ คัณฑักษ์และคณะ, 2553; ปรียาพร โกษา, 2555)



รูปที่ 1 พิกัดประเทศไทยแสดงตำแหน่งที่ตั้งของจังหวัดนครราชสีมา
(ที่มา www.star.nesdis.noaa.gov)

3.2 ลักษณะข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ศึกษาแนวโน้มสภาวะแล้งใช้ข้อมูลจาก 2 แหล่งคือข้อมูลการรับรู้ระยะไกลจาก NOAA (ดาวน์โหลดได้จาก http://www.star.nesdis.noaa.gov/smcd/emb/vci/)และข้อมูลปริมาณน้ำฝนในเขตจังหวัดนครราชสีมาซึ่งรวบรวมจาก 2 แหล่งคือจากรายงานของจัตุรงค์ คัณฑักษ์และผกามาศ ชุมแวงวาปี (2553) และข้อมูลสถิติของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช (www.dnp.go.th/statistics/dnpstatmain.asp)

ข้อมูลการรับรู้ระยะไกล NOAA-AVHRR เป็นข้อมูลที่ใช้ประโยชน์ด้านอุตุนิยมวิทยาและการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับดัชนีสภาวะแล้งที่ประมาณการณ์จากความสมบูรณ์ของพืชพรรณและปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง NOAA-AVHRR ใช้การตรวจวัดรังสีที่สะท้อนจากผิวโลกในหลายแถบช่วงคลื่น ในการประเมินความสมบูรณ์และความหนาแน่นของพืชจะใช้ค่าใน 3 ช่วงคลื่นหลัก (Kogan&Guo, 2011) ได้แก่ช่วงคลื่นที่ตามองเห็น (VIS, ความยาวคลื่น 0.58-0.68 μm ซึ่งอยู่ในแถบแสงสีแดง) ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR, ความยาวคลื่น 0.72-1.1 μm) และช่วงคลื่นอินฟราเรดแถบที่ 4 (IR4, ความยาวคลื่น 10.3-11.3 μm)

การคำนวณดัชนี NDVI ที่นิยมใช้ในการติดตามการใช้ประโยชน์ที่ดินและการประเมินความแห้งแล้ง จะใช้ข้อมูลจากเพียงสองช่วงคลื่นคือ VIS และ NIR โดยปรับให้เป็นค่าปกติให้อยู่ระหว่าง -1 และ +1 ด้วยวิธีการคำนวณดังสมการที่ (1)

$$NDVI = (NIR - VIS) / (NIR + VIS) \quad (1)$$

โดย NIR และ VIS เป็นค่าสัดส่วนการสะท้อนกลับของรังสีต่อปริมาณรังสีที่ส่งมายังผิวโลก ที่ตรวจจับได้ในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้และช่วงคลื่นตามองเห็น ตามลำดับ

ค่า NIR และ VIS จะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยค่า 0 หมายถึงไม่มีการสะท้อนกลับ นั่นคือวัตถุดูดกลืนรังสีได้ทั้งหมด และค่า 1 หมายถึงการสะท้อนกลับหมดโดยไม่มีการดูดกลืนรังสี โดยปกติคลอโรฟิลด์ในพืชจะใช้พลังงานแสงอาทิตย์และดูดกลืนแสงในช่วงตามองเห็นได้มากถึงร้อยละ 90 ของปริมาณรังสีที่ตกกระทบ ทำให้วัดค่า VIS ได้น้อยกว่า NIR เมื่อคำนวณตามสมการ (1) จะได้ค่า NDVI เป็นบวกและมีค่ามากกว่าศูนย์ ค่า NDVI ที่เข้าใกล้ +1 จึงตีความได้ว่าบริเวณผิวโลก ณ จุดนั้นมีพืชปกคลุมอยู่หนาแน่นและมีความสมบูรณ์สูง ในส่วนของพื้นน้ำจะสะท้อนช่วงคลื่นตามองเห็นในแถบสีแดงได้สูงมาก จึงทำให้ได้ค่า NDVI ติดลบ ในขณะที่พื้นดินหรือหินจะสะท้อนรังสีในช่วงคลื่นตามองเห็นและช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ได้ใกล้เคียงกัน จึงให้ค่า NDVI เป็นศูนย์หรือเข้าใกล้ศูนย์

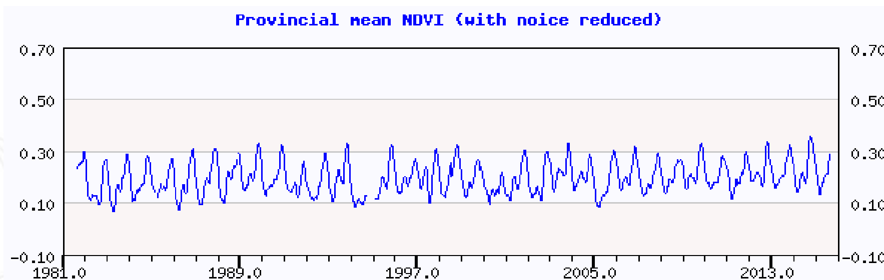
ในปี 2001 Felix Koganได้เสนอแนวคิดใหม่ให้วัดความสมบูรณ์ของพืชพรรณจากความชื้นที่คำนวณจาก NDVI ร่วมกับความร้อนที่จะส่งผลลบต่อพืชเมื่อมีสภาวะขาดน้ำ โดยความร้อนจะตรวจจับจากช่วงคลื่นอินฟราเรดแถบที่ 4 หรือ IR4 แล้วแปลงค่าเป็นอุณหภูมิความสว่าง (Brightness Temperature, BT) ค่า BT นี้จะหมายถึงความร้อนของพืช และถูกนำไปใช้ในการคำนวณดัชนีสภาวะร้อน (Thermal Condition Index, TCI) ดังสมการที่ (2) และใช้ NDVI ในการคำนวณดัชนีสภาวะพืชพรรณ (Vegetation Condition Index, VCI) ซึ่งเป็นดัชนีที่บ่งชี้ทางอ้อมถึงความชื้น คำนวณได้ดังสมการที่ (3) ค่า BT และ NDVI ที่ใช้ในทั้งสองสมการ ถูกแปลงเป็นค่าปกติด้วยการใช้ตัวหารเป็นค่าผลต่างของค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดที่รวบรวมในช่วงระยะเวลา 25 ปี จากนั้นแปลงเป็นค่าร้อยละ สุดท้ายดัชนี TCI ที่บอกถึงสภาวะร้อนและ VCI ที่บ่งบอกถึงความชุ่มชื้น จะถูกนำมาคำนวณร่วมกันเป็นดัชนีความสมบูรณ์ของพืชพรรณ (Vegetation Health Index, VHI) แสดงการคำนวณได้ดังสมการที่ (4)

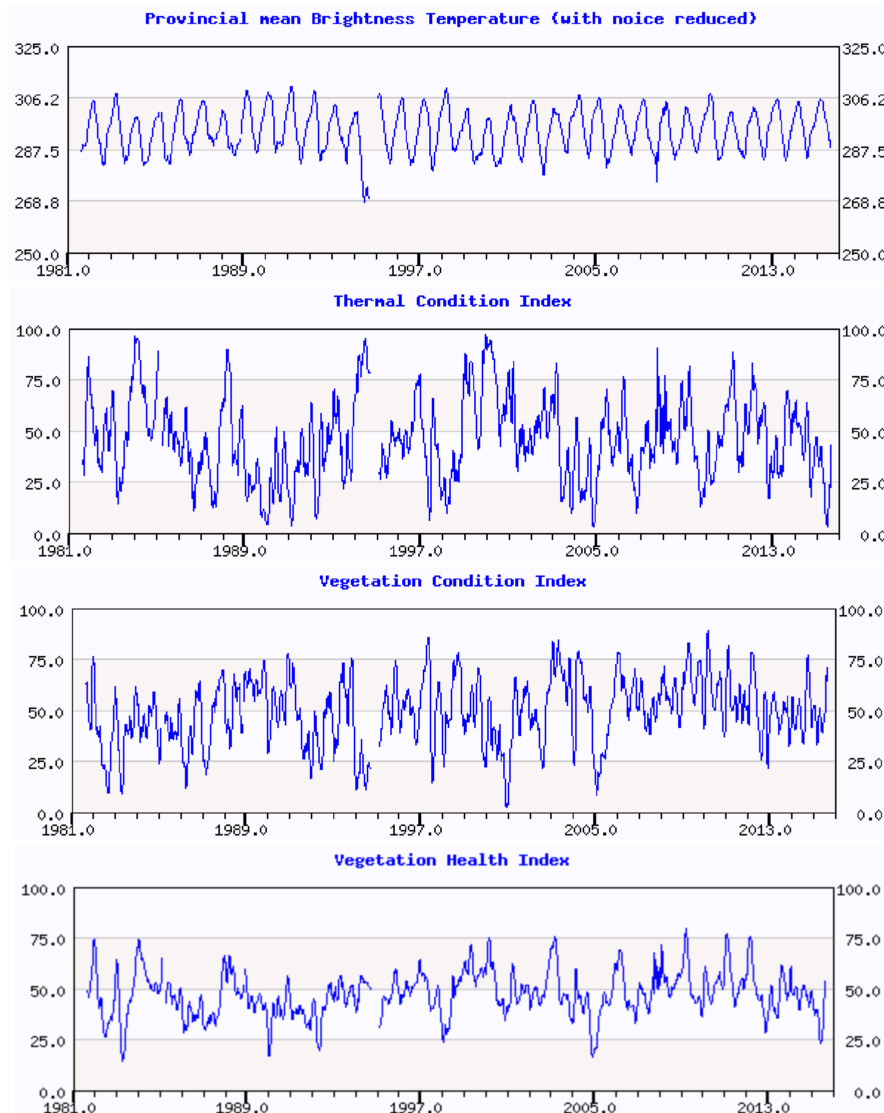
$$TCI = (BT_{max} - BT) / (BT_{max} - BT_{min}) * 100 \quad (2)$$

$$VCI = (NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min}) * 100 \quad (3)$$

$$VHI = \alpha*VCI + (1-\alpha)*TCI \quad (4)$$

การคำนวณ VHI จะใช้สัมประสิทธิ์ α เพื่อปรับสัดส่วนของ VCI และ TCI ที่ช่วยให้คำนวณ VHI ได้ถูกต้อง โดย VHI จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-100 ในสภาวะที่ถือว่าพืชมีความสมบูรณ์ ดัชนี TCI, VCI และ VHI ควรจะมีค่าสูงกว่า 60 ค่าของดัชนีที่ต่ำกว่า 40 จะแสดงถึงจุดที่พืชเริ่มมีสภาพขาดน้ำ ข้อมูล NDVI, BT, TCI, VCI และ VHI ของจังหวัดนครราชสีมาในช่วงปี 1981-2015 (พ.ศ. 2524-2558) แสดงเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 2





รูปที่ 2 ข้อมูล NDVI,BT, TCI, VCI และ VHI ช่วงปีค.ศ. 1981-2015 ของจังหวัดนครราชสีมา
(ที่มา www.star.nesdis.noaa.gov)

3.3 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลและการสร้างแบบจำลอง

การศึกษาวิจัยนี้เลือกใช้ข้อมูล NOAA-AVHRR ใน 3 ช่วงเวลาและแยกข้อมูลแต่ละช่วงเวลาเป็นแต่ละไฟล์รูปแบบข้อมูลในทั้ง 3 ไฟล์มีรูปแบบเดียวกัน นั่นคือเป็นข้อมูลต่อเนื่อง 5 ปีหรือ 260 สัปดาห์ (NOAA-AVHRR บันทึกข้อมูลเป็นรายสัปดาห์) ข้อมูลใน 3 ช่วงเวลานี้ประกอบด้วย

1 มกราคม 2533 – 31 ธันวาคม 2537 (หรือปีค.ศ. 1990-1994)

1 มกราคม 2543 – 31 ธันวาคม 2547 (หรือปีค.ศ. 2000-2004)

1 มกราคม 2553 – 31 ธันวาคม 2557 (หรือปีค.ศ. 2010-2014)

วัตถุประสงค์ของการเลือกช่วงเวลาดังกล่าว เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลดาวเทียมและปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จริงในช่วงต้นของแต่ละทศวรรษ โดยย้อนหลังจากทศวรรษปัจจุบัน ขั้นตอนในการเตรียมข้อมูลและการสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ อธิบายได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1ดาวน์โหลดข้อมูล VHI ของจังหวัดนครราชสีมาในลักษณะของ time series data ข้อมูลที่ได้จะเป็นลักษณะข้อความและเป็นข้อมูลรายสัปดาห์ แสดงตัวอย่างบางส่วนของข้อมูลได้ดังนี้

Mean Values

year,week,SMN,SMT,VCI,TCI,VHI,%Area_VHI_LESS_15,%Area_VHI_LESS_35

1990, 1, 0.2212,304.629, 29.20, 4.81, 17.00, 48.16, 91.64

1990, 2, 0.2086,305.460, 29.72, 4.66, 17.19, 46.82, 91.56

1990, 3, 0.1983,306.079, 31.88, 5.80, 18.84, 41.30, 89.21

ในตัวอย่างข้อมูลข้างต้น SMN จะหมายถึงค่า NDVI ที่ถูกกำจัดข้อมูลรบกวนออกแล้ว และ SMT จะหมายถึงข้อมูล BT ที่ได้รับการกำจัดข้อมูลรบกวนและปรับค่าให้เรียบ (smoothing) ในสองคอลัมน์สุดท้ายคือค่าร้อยละของพื้นที่ในจังหวัดนครราชสีมาที่มีค่า VHI ต่ำกว่า 15 (แห้งแล้งมาก) และร้อยละของพื้นที่ที่มีค่า VHI ต่ำกว่า 35 (แห้งแล้งปานกลาง) ในการสร้างแบบจำลองจะไม่ใช้ข้อมูลในสองคอลัมน์สุดท้ายนี้

ขั้นตอนที่ 2แก้ไขข้อมูลสูญหายจากการตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นพบว่าข้อมูลในช่วงสัปดาห์ที่ 37 ของปี 1994 ถึงสัปดาห์ที่ 6 ของปี 1995 ข้อมูลในทุกคอลัมน์เป็นค่า -1 สันนิษฐานได้ว่าเป็นกรณีข้อมูลสูญหาย (missing) หรือตรวจวัดข้อมูลไม่ได้ (not available) จึงใช้วิธีแทนค่าด้วยค่าเฉลี่ยของสัปดาห์เดียวกันในช่วงสามปีก่อนหน้าและสามปีต่อจากนั้น เช่น การเติมค่า VHI ของสัปดาห์ที่ 37 ของปี 1994 จะใช้ค่า VHI ในสัปดาห์ที่ 37 ของปี 1991, 1992, 1993, 1995, 1996, 1997 บวกกันแล้วหารด้วย 6 จะได้เป็นค่าเฉลี่ยเพื่อเติมในคอลัมน์ VHI สัปดาห์ที่ 37 ของปี 1994การเติมค่าดัชนีที่สูญหายอื่น ๆ ใช้วิธีเดียวกัน

ขั้นตอนที่ 3แปลงข้อมูล NOAA-AVHRR จากรายสัปดาห์ให้เป็นรายเดือน ทั้งนี้เนื่องจากในการสร้างแบบจำลองวิเคราะห์ความสัมพันธ์จะใช้ข้อมูลดาวเทียมร่วมกับข้อมูลปริมาณฝนที่บันทึกข้อมูลเป็นรายเดือน จึงต้องแปลงคาบเวลา NOAA-AVHRR ให้เป็นรายเดือน วิธีการแปลงจะแบ่งช่วงข้อมูล 52 สัปดาห์ให้ตรงตามช่วงเดือนของปีนั้น ๆ เดือนส่วนใหญ่จะมี 4 สัปดาห์ แต่จะมีบางเดือนที่มี 5 สัปดาห์ จากนั้นเฉลี่ยค่าในช่วง 4 (หรือ 5) สัปดาห์ให้เป็นค่าของเดือน

ขั้นตอนที่ 4นำข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนมาประกอบกับข้อมูล NOAA-AVHRRแสดงตัวอย่างข้อมูลที่ได้ดังรูปที่ 3

year	month	SMN	SMT	VCI	TCI	VHI	Precipitation
2533	Jan	0.2002	305.9808	32.298	6.754	19.526	0.1
2533	Feb	0.170025	307.6608	44.31	20.3975	32.3525	1.2
2533	Mar	0.177375	306.7813	57.065	27.7875	42.425	24.2
2533	Apr	0.1906	304.7725	58.71	16.04	37.3725	32.8
2533	May	0.2003	295.1984	48.822	29.918	39.372	103.8

รูปที่ 3 ตัวอย่างข้อมูลที่ผ่านกระบวนการเตรียมในขั้นตอนที่ 1-4

ขั้นตอนที่ 5สร้างแบบจำลองความสัมพันธ์โดยใช้สมการถดถอยหลายตัวแปร (ในการทดลองจะใช้ฟังก์ชัน multivariate regression analysis ของซอฟต์แวร์ SPSS-Clementine) แบบจำลองที่สร้างจะมี 3 รูปแบบที่แตกต่างกันดังนี้

แบบจำลองที่ 1: ใช้ข้อมูล NOAA-AVHRR ของ 1 เดือนก่อนหน้าเพื่อคาดปริมาณฝนของเดือนปัจจุบัน

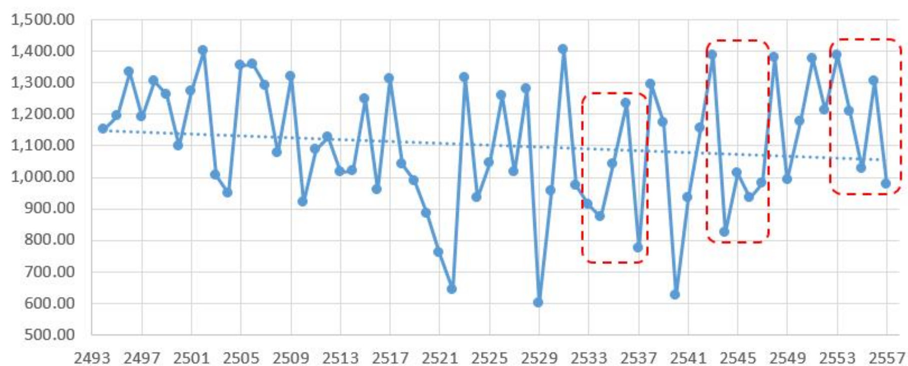
แบบจำลองที่ 2: ใช้ข้อมูล NOAA-AVHRR ของ 2 เดือนก่อนหน้าเพื่อคาดปริมาณฝนของเดือนปัจจุบัน

แบบจำลองที่ 3: ใช้ข้อมูล NOAA-AVHRR และข้อมูลปริมาณฝนของ 2 เดือนก่อนหน้าเพื่อคาดปริมาณฝนของเดือนปัจจุบัน

4. ผลการศึกษา

4.1ผลการสำรวจข้อมูลเบื้องต้น

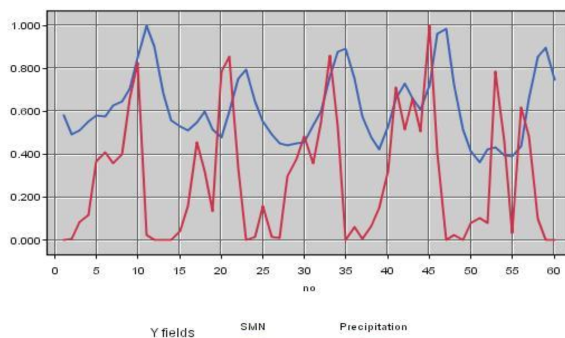
การศึกษาเพื่อพัฒนาแบบจำลองคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนในงานวิจัยนี้เลือกใช้ข้อมูลใน 3 ช่วงเวลาคือตั้งแต่ช่วงปีพ.ศ. 2533-2537 ปีพ.ศ. 2543-2547 และปีพ.ศ. 2553-2557เนื่องจากเป็นช่วงเวลาใกล้ปัจจุบันและการศึกษาช่วงเวลาละ 5 ปีจะช่วยให้สังเกตรูปแบบความสัมพันธ์ได้ สถิติข้อมูลปริมาณฝนรายปีของจังหวัดนครราชสีมาตั้งแต่ปีพ.ศ. 2494 ถึงพ.ศ. 2557 แสดงเป็นกราฟดังรูปที่ 4 เส้นประที่เป็นเส้นตรงลากยาวจากปี 2494 ถึง 2557 เป็นเส้นแนวโน้มแสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนโดยเฉลี่ย พบว่าจังหวัดนครราชสีมามีแนวโน้มปริมาณฝนลดลง ปริมาณฝนที่เฉลี่ยตั้งแต่ปีพ.ศ. 2494 ถึงพ.ศ. 2557 อยู่ที่ 1,102.08 มิลลิเมตร เส้นประที่เป็นกรอบสี่เหลี่ยมสีแดงแสดงช่วงเวลาที่ศึกษาเพื่อสร้างแบบจำลองศึกษาความสัมพันธ์ของข้อมูลดาวเทียมที่จะช่วยคาดการณ์ปริมาณน้ำฝน



รูปที่ 4 ปริมาณฝนรายปีของจังหวัดนครราชสีมา

การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นใช้การคาดการณ์ปริมาณฝนจากค่าดัชนี NDVI ซึ่งในข้อมูลจากดาวเทียม NOAA-AVHRR มีการปรับค่าดัชนีเพื่อกำจัดข้อมูลรบกวน และเรียกชื่อดัชนีที่ปรับใหม่ว่า SMNความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนและค่า SMN บนแกนเวลาเดียวกันแสดงได้ดังรูปที่ 5 โดยกราฟเส้นบนสีน้ำเงินจะเป็นค่า SMN และกราฟเส้นล่างสีแดงจะเป็นค่าปริมาณน้ำฝน ค่าดัชนี SMN และปริมาณฝนที่แสดงบนกราฟเดียวกันนี้ใช้การปรับค่าให้เป็นค่าปกติในช่วง 0-1 ความสัมพันธ์ของปริมาณฝนและดัชนี SMN ในลักษณะสมการถดถอยตัวแปรเดียว รวมทั้งค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (correlation coefficient) และค่าความผิดพลาด RMSE (Root Mean Squared Error) แสดงด้านขวามือของกราฟ

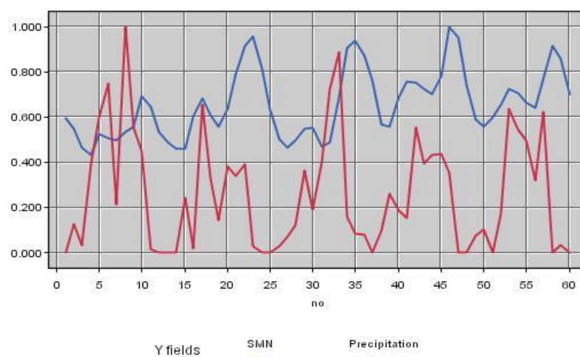
2533-2537 (1990-1994)



Regression model:
Precipitation = 0.72*SMN + 80.39

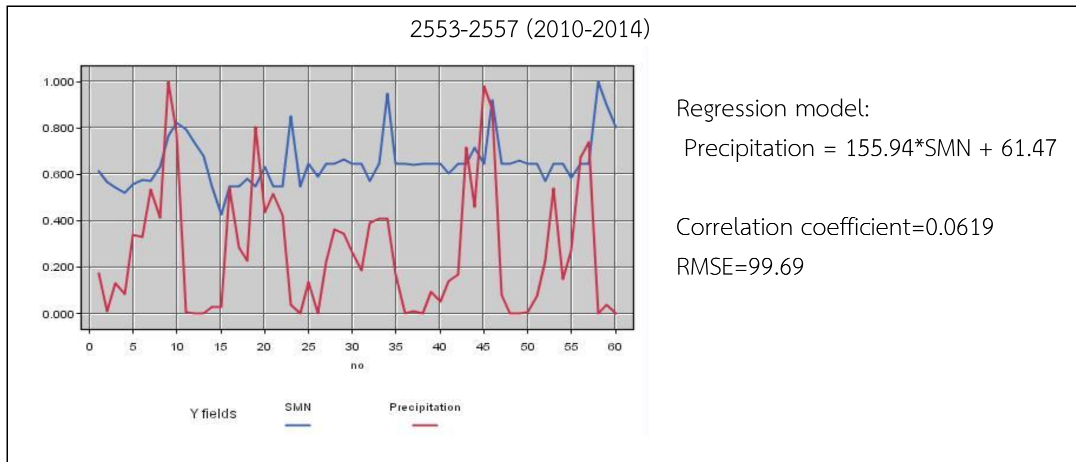
Correlation coefficient=0.0005
RMSE=79.72

2543-2547 (2000-2004)



Regression model:
Precipitation = -156.39*SMN + 119.84

Correlation coefficient=0.0952
RMSE=82.27



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างดัชนีพืชพรรณ (SMN หรือ NDVI) และปริมาณฝนในแต่ละช่วงเวลา

จากการสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างดัชนีพืชพรรณ (SMN) และปริมาณฝน (Precipitation) ด้วยสมการถดถอยตัวแปรเดียวที่มีค่า SMN เป็นตัวแปรต้นและปริมาณฝนเป็นตัวแปรตาม จะเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธ์ความสัมพันธ์ต่ำกว่า 0.1 ซึ่งจะสอดคล้องกับค่าความผิดพลาด (RMSE) ที่มีค่าสูงมาก โดยเฉพาะในช่วงเวลาระหว่างปี พ.ศ. 2553-2557 ค่าความผิดพลาดสูงถึง 99.69 ผลการทดลองเบื้องต้นนี้ชี้ให้เห็นว่าการคาดการณ์ปริมาณฝนจะต้องใช้แบบจำลองที่ซับซ้อนมากขึ้น โดยจะต้องเพิ่มจำนวนตัวแปรต้นให้มีมากกว่าหนึ่งตัวแปร

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลองสมการถดถอยหลายตัวแปรที่หน่วงเวลา

ผลการสร้างแบบจำลองเพื่อคาดการณ์ปริมาณฝนด้วยข้อมูล NOAA-AVHRR ด้วยแบบจำลอง 3 รูปแบบของงานวิจัยนี้ได้ผลลัพธ์เป็นสมการถดถอยหลายตัวแปร สรุปได้ดังตารางที่ 1ตัวแปรตามแต่ละช่วงเวลาจะใช้ตัวห้อย (subscript) ระบุเวลาก่อนหน้า เช่น SMN_{T-1}จะหมายถึง ดัชนี SMN ก่อนหน้าหนึ่งเดือนหรือ VHI_{T-2}จะหมายถึง ดัชนี VHI ก่อนหน้าสองเดือน มาตรวัดประสิทธิภาพของแต่ละแบบจำลองสรุปได้ดังตารางที่ 2

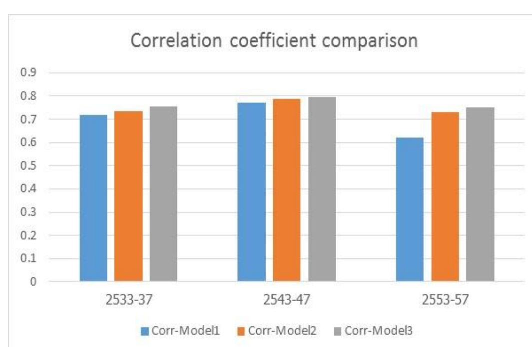
ตารางที่ 1 แบบจำลองที่มีการหน่วงเวลาทั้ง 3 แบบสำหรับคาดการณ์ปริมาณฝนในแต่ละช่วงเวลา

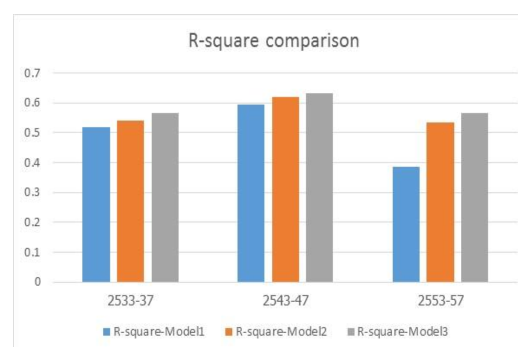
	พ.ศ. 2533-2537 (1990-1994)	พ.ศ. 2543-2547 (2000-2004)	พ.ศ. 2553-2557 (2010-2014)
แบบจำลองที่ 1 (ใช้ข้อมูล NOAA-AVHRR ของ 1 เดือนก่อนหน้าเพื่อคาดปริมาณฝนของเดือนปัจจุบัน)	$Precipitation_T$ = SMN_{T-1} * -920.7 + SMT_{T-1} * -6.064 + VCI_{T-1} * 2.949 + VHI_{T-1} * -2.576 + 2043.6	$Precipitation_T$ = SMN_{T-1} * -1200.1 + SMT_{T-1} * -7.204 + VCI_{T-1} * 3.214 + VHI_{T-1} * -2.395 + 2427.7	$Precipitation_T$ = SMN_{T-1} * -1018.3 + SMT_{T-1} * -10.78 + VCI_{T-1} * 0.06743 + VHI_{T-1} * 0.2227 + 3533.3
แบบจำลองที่ 2 (ใช้ข้อมูล NOAA-AVHRR ของ 2 เดือนก่อนหน้าเพื่อคาดปริมาณฝนของเดือนปัจจุบัน)	$Precipitation_T$ = SMN_{T-1} * -710.2 + SMT_{T-1} * -6.743 + VCI_{T-1} * 1.903 + VHI_{T-1} * -1.759 + SMN_{T-2} * -207.8 + SMT_{T-2} * 1.243 + VCI_{T-2} * 1.132 + VHI_{T-2} * -0.3951 +	$Precipitation_T$ = SMN_{T-1} * -1004.6 + SMT_{T-1} * -10.5 + VCI_{T-1} * 3.209 + VHI_{T-1} * -4.136 + SMN_{T-2} * 131.7 + SMT_{T-2} * 3.983 + VCI_{T-2} * -0.946 + VHI_{T-2} * 2.595 +	$Precipitation_T$ = SMN_{T-1} * -889.1 + SMT_{T-1} * -7.644 + VCI_{T-1} * -0.5147 + TCI_{T-1} * -0.3754 + SMN_{T-2} * -880.8 + SMT_{T-2} * -6.201 + VCI_{T-2} * -0.5188 + VHI_{T-2} * -0.2302 +

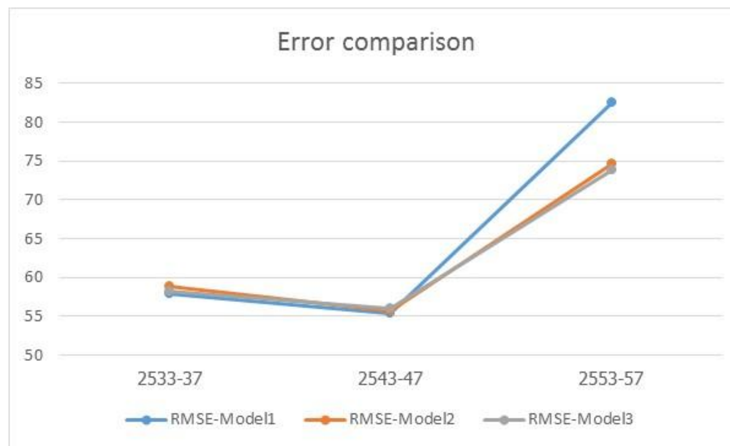
	1855.0	2155.7	4731.8
แบบจำลองที่ 3 (ใช้ข้อมูล NOAA-AVHRR และข้อมูลปริมาณฝนของ 2 เดือนก่อนหน้าเพื่อคาดปริมาณฝนของเดือนปัจจุบัน)	$Precipitation_T$ = SMN_{T-1} * -537.0 + SMT_{T-1} * -7.338 + TCI_{T-1} * -2.285 + VHI_{T-1} * 2.369 + SMN_{T-2} * -149.7 + SMT_{T-2} * 1.624 + VCI_{T-2} * 0.4587 + VHI_{T-2} * -0.1126 + $Preci_{T-1}$ * 0.1646 + $Preci_{T-2}$ * -0.2292 + 1893.3	$Precipitation_T$ = SMN_{T-1} * -949.3 + SMT_{T-1} * -11.58 + VCI_{T-1} * 3.262 + VHI_{T-1} * -4.077 + SMN_{T-2} * -74.34 + SMT_{T-2} * 3.292 + VCI_{T-2} * -0.5118 + VHI_{T-2} * 2.144 + $Preci_{T-1}$ * -0.1815 + $Preci_{T-2}$ * -0.05682 + 2728.0	$Precipitation_T$ = SMN_{T-1} * -879.6 + SMT_{T-1} * -7.536 + VCI_{T-1} * 0.009896 + VHI_{T-1} * -0.8903 + SMN_{T-2} * -605.1 + SMT_{T-2} * -4.445 + VCI_{T-2} * -0.5522 + TCI_{T-2} * -0.0119 + $Preci_{T-1}$ * 0.2412 + $Preci_{T-2}$ * -0.1087 + 4085.6

ตารางที่ 2 สรุปเปรียบเทียบค่า Correlation coefficient, R^2, RMSE ของแบบจำลองที่มีการหน่วงเวลาทั้ง 3 แบบ

แบบจำลองที่	พ.ศ. 2533-2537 (1990-1994)			พ.ศ. 2543-2547 (2000-2004)			พ.ศ. 2553-2557 (2010-2014)		
	Corr	R^2	RMSE	Corr	R^2	RMSE	Corr	R^2	RMSE
1 (ใช้ข้อมูลดาวเทียมของ 1 เดือนก่อนหน้า)	0.720	0.518	57.87	0.771	0.594	55.40	0.622	0.387	82.47
2 (ใช้ข้อมูลดาวเทียมของ 2 เดือนก่อนหน้า)	0.735	0.540	58.80	0.787	0.620	55.73	0.732	0.535	74.69
3 (ใช้ข้อมูลดาวเทียมและปริมาณฝนของ 2 เดือนก่อนหน้า)	0.753	0.567	58.26	0.795	0.632	55.97	0.751	0.565	73.80







รูปที่ 6 กราฟเปรียบเทียบมาตรวัด Correlation coefficient, R^2, RMSE ของแต่ละแบบจำลอง ในแต่ละช่วงเวลา

การเปรียบเทียบมาตรวัดของแต่ละแบบจำลองในลักษณะของกราฟแสดงได้ดังรูปที่ 6 ในมาตรวัด Correlation coefficient และ R^2 ค่าที่สูงกว่าแสดงถึงผลที่ดีกว่า ในขณะที่มาตรวัด RMSE ซึ่งเป็นการบอกถึงข้อผิดพลาดในการคาดการณ์ ค่าที่ต่ำกว่าจะเป็นค่าที่ดีกว่า จากผลการเปรียบเทียบสรุปได้ว่าโมเดลที่ 2 และ 3 ให้ผลการทดลองที่ดีกว่าโมเดลที่ 1 นั่นคือการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนด้วยข้อมูลย้อนหลัง 2 เดือน จะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการใช้ข้อมูลย้อนหลังเพียงเดือนเดียว

เมื่อพิจารณาโมเดลที่ 2 ที่ใช้ข้อมูลย้อนหลังสองเดือนและใช้เฉพาะข้อมูลดาวเทียม เปรียบเทียบกับโมเดลที่ 3 ที่ใช้ข้อมูลย้อนหลังสองเดือนเช่นเดียวกันและมีการใช้ข้อมูลปริมาณฝนย้อนหลังมาช่วยในการคาดการณ์ฝนของเดือนปัจจุบัน พบว่าให้ผลการทำนายที่ดีขึ้นและความผิดพลาดลดลงเล็กน้อย แต่ทั้งนี้ต้องแลกกับการที่โมเดลจะซับซ้อนมากขึ้นเนื่องจากมีจำนวนตัวแปรเพิ่มขึ้น

ถ้าพิจารณาในประเด็นช่วงเวลาจะพบว่าช่วงปีพ.ศ. 2553-2557 แบบจำลองทำนายผิดพลาดค่อนข้างสูงเนื่องจากปริมาณฝนในปีพ.ศ. 2551-2554 มีปริมาณฝนสูงต่อเนื่อง (1375.6,1212.5, 1386.2 และ 1208.6 มิลลิเมตรตามลำดับ) และเป็นปริมาณที่สูงกว่าค่าเฉลี่ยที่ 1102.08 มิลลิเมตร โดยเฉพาะในปีพ.ศ. 2553 เป็นปีที่มีน้ำท่วมใหญ่ในเขตจังหวัดนครราชสีมาและจังหวัดปราจีนบุรี ต่อเนื่องด้วยเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ในที่ราบลุ่มภาคกลางและกรุงเทพมหานครในปี พ.ศ. 2554 ลักษณะฝนที่ผิดจากปกติจึงทำให้แบบจำลองคาดการณ์คลาดเคลื่อนมาก

การพิจารณาโมเดลของทั้งสามช่วงเวลา เมื่อพิจารณาตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์เป็นค่าติดลบ สามารถสรุปได้ว่าปริมาณฝนในเวลาปัจจุบันแปรผกผันกับค่าดัชนี SMN (หรือ NDVI) และ SMT (หรือ BT) ในช่วงย้อนหลังหนึ่งเดือนและปริมาณฝนในช่วงย้อนหลังสองเดือน นั่นคือถ้าเดือนก่อนหน้ามีค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณและดัชนีความร้อนของพืชต่ำและมีปริมาณฝนย้อนหลังสองเดือนต่ำ คาดการณ์ได้ว่าปริมาณฝนในเดือนปัจจุบันมีแนวโน้มสูง หรือในทางกลับกันถ้าเดือนก่อนหน้ามีค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณและดัชนีความร้อนของพืชสูงละมีปริมาณฝนย้อนหลังสองเดือนสูง สามารถคาดการณ์ได้ว่าปริมาณฝนในเดือนปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะต่ำลง

5. บทสรุปและการพัฒนางานวิจัยในอนาคต

สภาวะแล้งในทางอุตุนิยมวิทยาส่งผลโดยตรงกับสภาพชีวิตของเกษตรกรในเขตจังหวัดนครราชสีมาที่มีการเพาะปลูกพืชไร่และต้องพึ่งพาปริมาณน้ำฝนเป็นหลัก การมีปริมาณฝนที่เหมาะสมและถูกต้องตามฤดูกาลเป็นปัจจัยสำคัญของการผลิตพืชไร่ งานวิจัยนี้จึงได้พยายามศึกษาเงื่อนไขสภาวะอากาศที่จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนโดยใช้ข้อมูลดาวเทียม NOAA ประกอบกับข้อมูลฝนจากสถานีภาคพื้นดิน โดยนำข้อมูลในอดีตเพื่อนำมาสร้างแบบจำลองคาดการณ์ปริมาณฝนในช่วงเวลาปัจจุบัน

ผลการทดสอบโมเดลพบว่าการสร้างโมเดลในลักษณะสมการถดถอยหลายตัวแปรที่ใช้ข้อมูลย้อนหลัง 2 ช่วงเดือนของข้อมูลดัชนี NDVI (หรือ SMN), BT (หรือ SMT), VCI, TCI, VHI จะให้ผลการคาดการณ์ปริมาณฝนในเดือนปัจจุบันได้ด้วย

ความแน่นอนเฉลี่ยประมาณร้อยละ 56.5 โดยเฉลี่ยจากค่า R^2 ของช่วงเวลาพ.ศ.2533-2537พ.ศ.2543-2547 และ พ.ศ.2553-2557 แต่ถ้าใช้ข้อมูลย้อนหลัง 2 เดือนของข้อมูลดัชนี NDVI, BT, VCI, TCI, VHI ประกอบกับข้อมูลปริมาณฝนย้อนหลัง 2 เดือน จะให้ผลการคาดการณ์ปริมาณฝนในเดือนปัจจุบันได้ด้วยความแน่นอนเฉลี่ยประมาณร้อยละ 58.8โดยมีค่า R^2ต่ำสุดร้อยละ 56.5 ในช่วงปีพ.ศ. 2553-2557 และมีค่า R^2สูงสุดร้อยละ 63.2 ในช่วงปี พ.ศ. 2543-2547

การสร้างแบบจำลองเพื่อคาดการณ์ปริมาณฝนในงานวิจัยนี้ในแต่ละช่วงเวลาใช้ข้อมูลต่อเนื่องกัน 60 เดือน ในอนาคตผู้วิจัยวางแผนปรับปรุงโมเดลให้ใช้ข้อมูลตามช่วงฤดูกาลโดยจะแบ่งเป็นช่วงฤดูฝนและช่วงฤดูแล้ง โดยตั้งสมมุติฐานว่าความสมบูรณ์ของพืชพรรณน่าจะมีรูปแบบที่สอดคล้องกับฤดูกาล จึงคาดว่าจะให้ผลการคาดการณ์ปริมาณฝนที่มีความแน่นอนได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังได้มีแผนการดำเนินงานที่จะขยายขอบเขตงานวิจัยให้ครอบคลุมพื้นที่อื่น ๆ ของประเทศไทย ทั้งนี้เพื่อยืนยันความถูกต้องของผลสรุปที่ได้จากกรณีศึกษาของจังหวัดนครราชสีมา

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. (2550). **โครงการสำรวจและจัดทำแผนที่น้ำบาดาลในชั้นหินปูน พื้นที่ 2 จังหวัดนครราชสีมา**. รายงานฉบับสมบูรณ์ สัญญาจ้างเลขที่ 65/2549, บริษัทเอทอปเทคโนโลยีจำกัด, กรุงเทพมหานคร.

ปรียาพร โกษา. (2555). **การศึกษาผลกระทบของภูมิอากาศและการใช้ที่ดินที่มีต่อปริมาณน้ำท่าด้วยภาพถ่ายดาวเทียมธีออส**. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัยรหัส SUT7-712-53-12-38, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

จัตุรงค์ คัณทักษ์ และผกามาศ ชุมแวงวาปี. (2553). **การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของจังหวัดนครราชสีมา**. รายงานโครงการหมายเลข CE2010-41, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วิรัช วรานุจิตต์ และคณะ. (2554). **ดรรชนีความแห้งแล้งสำหรับประเทศไทย**. เอกสารวิชาการเลขที่ 551.577.38-01-2554, ส่วนอุตุนิยมวิทยาเกษตร, สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา, กรมอุตุนิยมวิทยา.

เอกรัฐ สีขาว, ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์ และรัศมี สุวรรณวีระกำธร. (2558). การใช้ดัชนีพืชพรรณมาตรฐานเพื่อประเมินพื้นที่ความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. **วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย**, **15**(2), 25-38.

แคแสด มงคลสวัสดิ์ และชรัตน์ มงคลสวัสดิ์. (2553). แนวทางการใช้ดัชนีพืชพรรณและความชื้นของข้อมูลดาวเทียมหลายช่วงเวลาเพื่อติดตามตรวจสอบความแห้งแล้งจากสภาวะด้านชีพลักษณ์ของป่ามรสุมเขตร้อน. **วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย**, **10**(2), 33-53.

Bayarjargal, Y., Karnieli, A., Bayasgalan, M., Khudulmur, S., Gandush, C., Tucker, C.J. (2006). A comparative study of NOAA-AVHRR derived drought indices using change vector analysis. **Remote Sensing of Environment**, **105**, 9-22.

Bellerby, T., Hsu, K., Sorooshian, S. (2009). LMODEL: A satellite precipitation methodology using cloud development modeling. Part I: Algorithm construction and calibration. **Journal of Hydrometeorology**, **10**, 1081-1095.

Boken, V.K., Hoogenboom, G., Kogan, F.N., Hook, J.E., Thomas, D.L., Harrison, K.A. (2004). Potential of using NOAA-AVHRR data for estimating irrigated area to help solve an inter-state water dispute. **International Journal of Remote Sensing**, **25**(12), 2277-2286.

Jalili, M., Gharibshah, J., Ghavami, S., Beheshtifar, M., Farshi, R. (2014). Nationwide prediction of drought conditions in Iran based on remote sensing data. **IEEE Transactions on Computers**, **63**(1), 90-101.

Karnieli, A., Agam, N., Pinker, R., Anderson, M., Imhoff, M., Gutman, G., Panov, N., Goldberg, A. (2010). Use of NDVI and land surface temperature for drought assessment: Merits and limitations. **Journal of Climate**, **23**, 618-633.

Kidd, C. (2001). Satellite rainfall climatology: A review. **International Journal of Climatology**, **21**, 1041-1066.

Kogan, F.N. (2001). Operational space technology for global vegetation assessment. **Bulletin of American Meteorological Society**, **82**(9), 1949-1964.

Kogan, F. (2011). 30-year land surface trend from AVHRR-based global vegetation health data. In F. Kogan et al. (eds.), **Use of Satellite and In-situ Data to Improve Sustainability**, pp.119-123, Springer.

Kogan, F., Guo, W. (2011). Early detection and monitoring droughts from NOAA environmental satellites. In F. Kogan et al. (eds.), **Use of Satellite and In-situ Data to Improve Sustainability**, pp.11-18, Springer.

Levizzani, V., Amorati, R., Meneguzzo, F. (2002). **A Review of Satellite-based Rainfall Estimation Methods**. Technical Report MUSIC-EVK1-CT-2000-0058, European Commission under the Fifth Framework Programme.

Marzano, F.S., Cimini, D., Ciotti, P., Ware, R. (2005). Modeling and measurement of rainfall by ground-based multispectral microwave radiometry. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, **43**(5), 1000-1011.

Marzano, F.S., Palmacci, M., Cimini, D., Giuliani, G., Turk, F.J. (2004). Multivariate statistical integration of satellite infrared and microwave radiometric measurements for rainfall retrieval at the geostationary scale. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, **45**(2), 1018-1032.

Quiring, S., Ganesh, S. (2010). Evaluating the utility of the Vegetation Condition Index (VCI) for monitoring meteorological drought in Texas. **Agricultural and Forest Meteorology**, **150**, 330-339.

Tapiador, F.C., Kidd, C., Levizzani, V., Marzano, F.S. (2004). A neural networks-based fusion technique to estimate half-hourly rainfall estimates at 0.1° resolution from satellite passive microwave and infrared data. **Journal of Applied Meteorology, 43**, 576-594.

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของกระแสน้ำทะเลพื้นผิวจากระบบ เรดาร์ความถี่สูงในทะเลอันดามัน

Proper Orthogonal Decomposition Analysis of Surface Sea Current Derived from High Frequency Radar System in the Andaman Sea

สายฝน ทมกระโทก และ ศิโรจน์ ศิริทรัพย์

Saifhon Tomkratoke and Sirod Sirisup

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

112 ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

โทรศัพท์ 02-564-6900 e-mail: saifhon.tomkratoke@nectec.or.th

บทคัดย่อ

กระแสน้ำทะเลเป็นองค์ประกอบทางกายภาพประเภทหนึ่งที่มีความสำคัญในกระบวนการทางชีวกายภาพของมหาสมุทรและเขตชายฝั่งอย่างมาก สภาพพลวัตรของกระแสน้ำอันได้แก่ รูปแบบการไหลเวียนและขนาดของกระแสน้ำในแต่ละพื้นที่ชายฝั่งสามารถเกิดขึ้นได้จากอิทธิพลของหลายปัจจัย ซึ่งทะเลอันดามันนับได้ว่าเป็นพื้นที่หนึ่งที่มีรูปแบบกระแสน้ำที่ซับซ้อน อย่างไรก็ตามกระบวนการทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับกระแสน้ำภูมิภาคนี้ยังไม่ถูกวิเคราะห์โดยชัดเจนมากนัก การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของข้อมูลสภาพกระแสน้ำทะเลพื้นผิวจากระบบ High Frequency Radar (HF) บริเวณชายฝั่งประเทศไทยด้านทะเลอันดามัน ด้วยวิธี Proper Orthogonal Decomposition (POD) การศึกพบว่าองค์ประกอบหลักสามองค์ประกอบแรกของกระแสน้ำทะเลบริเวณทะเลอันดามันมีลักษณะผันแปรเป็นคาบมี Eigen-period เท่ากับ 12.05 23.82 และ 76.9 ชั่วโมงโดยประมาณ ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวมีความสอดคล้องกับสภาพการแผ่กระจายคลื่นน้ำขึ้น-น้ำลงหลักที่พบในภูมิภาคและแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลจากสภาพชายฝั่งและภูมิประเทศของไหล่ทวีปด้วย ผลการศึกษาสามารถประยุกต์เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเชิงตัวเลขรวมทั้งใช้เป็นแนวทางในการลดความคลาดเคลื่อนของระบบพยากรณ์อีกด้วย

คำสำคัญ: HF Radar, POD Analysis กระแสน้ำ ทะเลอันดามัน

Abstract

Sea current is regarded as a major physical factor in bio-physical processes of oceans and coastal areas. Influenced by numerous factors, dynamic behavior of sea current such as circulation patterns and spatial distribution of current magnitudes in particular sea regions can greatly vary. The sea current in the Andaman Sea is regarded as one of the complex patterns compared to other regions. However, its physical mechanisms have not been deeply determined yet. The present study concerns the aforementioned issue. To this end, the application of Proper Orthogonal Decomposition (POD) analysis to surface sea current derived from High Frequency Radar (HF) in the Andaman Sea has been carried out. The results show that sea currents along the coastal area of the lower Andaman Sea (Ranong to Phuket) exhibit a periodic variation indeed. The three principal components are found to possess the period of 12.05, 23.82 and 76.9 hours, respectively. The results are in good agreement to the characteristic of the major tidal wave influencing in this region and also show influence of the other contributions as well. This can be beneficial for verification and validation (V&V) process of the numerical model and further reducing uncertainty in prediction.

Keywords: HF Radar, POD, sea current, Andaman Sea

1. บทนำ

กระแสน้ำเป็นองค์ประกอบทางกายภาพประเภทหนึ่งที่มีความสำคัญต่อกระบวนการทางชีวกายภาพของมหาสมุทรและเขตชายฝั่ง กระบวนทางกายภาพ อาทิ การเคลื่อนย้ายตะกอนและธาตุอาหารจากระบบนิเวศน์ชายฝั่งหนึ่งไปสู่ระบบใกล้เคียง หรือแม้กระทั่งระบบที่อยู่ห่างออกไปไกลอีกทวีปหนึ่ง รวมทั้งการเกิดสภาพผันแปรของอุณหภูมิน้ำทะเลในรอบวันหรือตามฤดูกาลล้วนได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำทะเลทั้งสิ้น คุณลักษณะของกระแสน้ำอันได้แก่ ขนาดและทิศทางของพื้นที่ชายฝั่งแต่ละแห่งนั้นมีความแต่งต่างกันตามอิทธิพลของแรงขับเคลื่อนหรือปัจจัยที่ชักนำให้เกิด เช่น กระแสน้ำที่เกิดจากลม กระแสน้ำตามสภาพน้ำขึ้น-น้ำลง และกระแสน้ำชายฝั่งที่เกิดจากคลื่นลมนอกจากนั้นสภาพแวดล้อมหลายปัจจัยยังมีผลต่อสภาพกระแสน้ำด้วย เช่น สภาพชายฝั่งและพื้นท้องทะเล กระแสน้ำทะเลอาจเชื่อมโยงกันเป็นระบบการไหลเวียนที่มีรูปแบบและขนาดของกระแสน้ำที่เป็นคุณลักษณะประจำถิ่น เช่น กระแสน้ำในทะเล Mediterranean (Milot, 2005) กระแสน้ำของอ่าว Mexico และกระแสน้ำในทะเลจีนใต้ ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยระบบกระแสน้ำไหลวน และมีเส้นทางของกระแสน้ำไหลแรงพาดผ่าน นอกจากนี้ยังมีพื้นที่ชายฝั่งบางแห่งที่มีลักษณะเฉพาะโดยมีขนาดของกระแสน้ำสูงกว่าหรือต่ำกว่าพื้นที่ชายฝั่งทั่วไปได้ โดยส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากปฏิสัมพันธ์ของคลื่นน้ำขึ้น-น้ำลงกับสภาพภูมิสัณฐานของชายฝั่งและพื้นท้องทะเล (Pinet, 2009) เช่น อ่าว Fundy และอ่าว Maine เป็นต้น โดยอ่าวแรกเป็นพื้นที่ที่มีกระแสน้ำรุนแรงเป็นอันดับต้นของโลก ในขณะที่อีกพื้นที่นั้นมีกระแสน้ำที่มีขนาดค่อนข้างต่ำ และทะเลอันดามันก็นับได้ว่าเป็นทะเลแห่งหนึ่งที่มีสภาพกระแสน้ำที่ซับซ้อน อย่างไรก็ตามกระบวนการทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับกระแสน้ำบริเวณทะเลอันดามันในอดีตยังไม่ปรากฏผลการศึกษาที่ชัดเจนมากนัก โดยมีปัจจัยทางด้านข้อมูลสภาพกระแสน้ำที่ยังขาดความสมบูรณ์ทั้งปริมาณข้อมูลที่เพียงพอและความถูกต้องเชื่อถือได้ ซึ่งทำให้การศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีข้อจำกัดมากตามไปด้วยเนื่องจากขาดแคลนข้อมูลอ้างอิงสำหรับการปรับเทียบแบบจำลองฯ ปัจจุบันสภาพกระแสน้ำบริเวณทะเลอันดามันได้มีหน่วยงานดำเนินการตรวจวัดและให้บริการข้อมูล ได้แก่กรมอุตุนิยมวิทยาของประเทศไทย ทำให้การศึกษาสภาพกระแสน้ำทะเลบริเวณดังกล่าวมีแนวโน้มทำได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น ซึ่งการวิเคราะห์หาองค์ประกอบหลักของกระแสน้ำจะช่วยเผยให้เห็นกลไกในการไหลเวียนที่ชัดเจนยิ่งขึ้น และยังสามารถประยุกต์เป็นแนวทางในการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การไหลเวียนของน้ำทะเลให้สอดคล้องกับสภาพธรรมชาติมากยิ่งขึ้น การศึกษานี้จึงได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Proper Orthogonal Decomposition, POD) ของข้อมูลกระแสน้ำทะเลพื้นผิวจากระบบ High Frequency Radar (HF) ในทะเลอันดามันเพื่อประโยชน์ในการแก้ปัญหาดังที่กล่าวมาข้างต้น โดยระเบียบวิธีในการศึกษาและผลการศึกษา จะได้นำเสนอในลำดับถัดไป

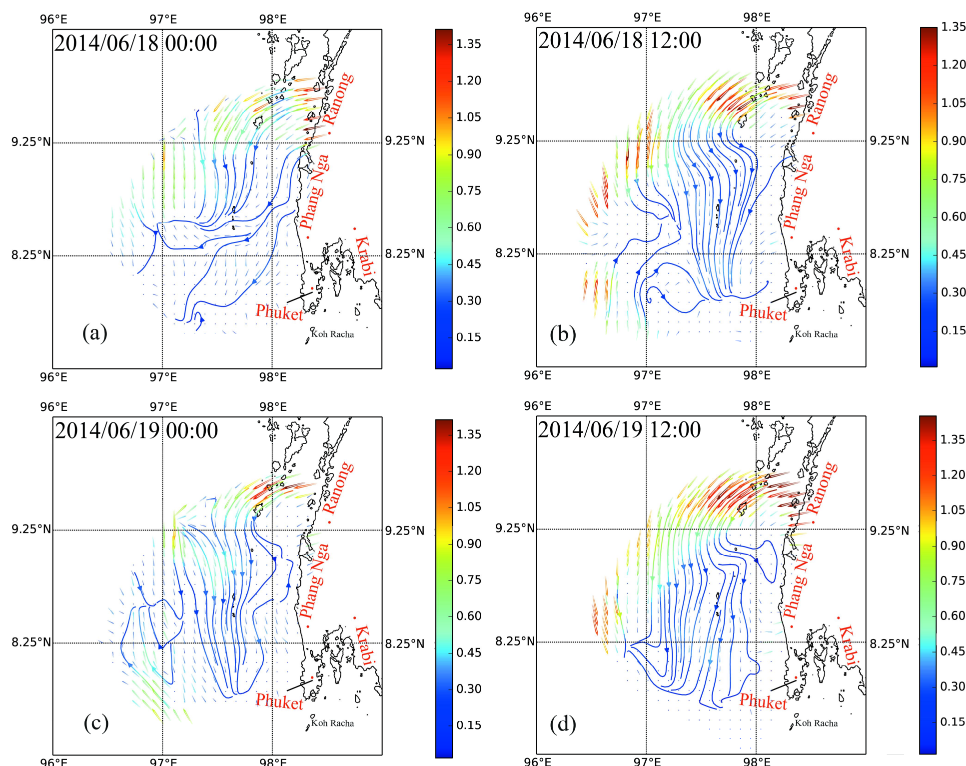
2. วัตถุประสงค์

2.1 วิเคราะห์หาปัจจัยหรือองค์ประกอบที่มีบทบาทสำคัญต่อสภาพกระแสน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งประเทศไทยด้านทะเลอันดามันด้วยวิธี Proper Orthogonal Decomposition (POD) จากข้อมูลกระแสน้ำทะเลพื้นผิวตรวจวัดด้วยระบบ High Frequency Radar (HF)

2.2 ประยุกต์ผลการวิเคราะห์ POD และข้อมูลจากแบบจำลองสมุทรศาสตร์ในการศึกษากระบวนการไหลเวียนของกระแสน้ำบริเวณชายฝั่งประเทศไทย-ทะเลอันดามัน

3. วิธีการวิจัย

3.1 ข้อมูลกระแสน้ำทะเลพื้นผิวจากระบบ HF เรดาร์บริเวณชายฝั่งประเทศไทย-ทะเลอันดามัน โดยข้อมูลดังกล่าวนี้ได้มีการดำเนินการตรวจวัดและเผยแพร่ข้อมูลโดยกรมอุตุนิยมวิทยา ทั้งนี้งานวิจัยได้พิจารณาคัดเลือกข้อมูลที่มีความสมบูรณ์พอเพียงได้แก่ ข้อมูลกระแสน้ำทะเลฯในช่วงวันที่ 18-19 มิถุนายน พ.ศ. 2557 ใช้เป็นตัวแทนสภาพกระแสน้ำที่ได้รับอิทธิพลจากสภาพน้ำขึ้น-น้ำลงและสภาพอากาศของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้โดยตัวอย่างข้อมูลดังกล่าวแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 สภาพกระแสน้ำทะเลพื้นผิวที่ได้จากระบบ HF เรดาร์ในช่วงวันที่ 18-19 เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2557

3.2 Proper Orthogonal Decomposition หรือ POD เป็นวิธีการหารูปแบบในการประมาณค่าหรืออธิบายสภาพของข้อมูลชุดใดๆที่มีจำนวนตัวแปรหลายตัวแปรหรือหลายมิติ ให้อยู่ในชุดข้อมูลที่มีตัวแปรหรือมิติที่น้อยกว่า (น้อยที่สุดในการวัดแบบ L^2) ในรูปของ modal basis (Hafez *et al.*, 2010) ดังเช่นสมการที่ 1 ซึ่งเป็นการอธิบายสภาพของความเร็วของกระแสน้ำทะเล $u(t,x)$ ที่เวลาและตำแหน่งใดๆ จากผลรวมเชิงเส้นของ temporal mode หรือ a และ spatial mode basis หรือ ϕ โดยที่ a หาได้จากการการแก้สมการ Eigenvalue (สมการที่ 2) ที่มีแก่นอยู่ในรูปของสมการที่ 3 ซึ่งจะได้ผลเฉลยของ a เป็นอันดับแรก จากนั้นจึงทำการแก้สมการหา ϕ ด้วยสมการที่ 4

$$u(t,x) = \sum_{k=0}^{\infty} a_k(t)\phi_k(x) \quad (1)$$

$$\int_A C(t,t')a_k(t')dt' = \hat{\lambda}_k\, a_k(t), t \in A \quad (2)$$

$$C(t,t') = \int_\Omega u(t,x).u(t',x)dx \quad (3)$$

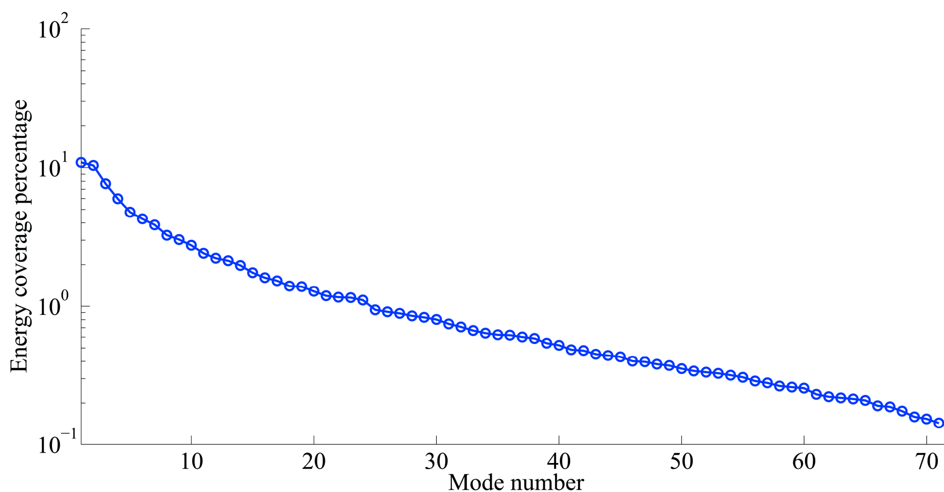
$$\phi_k(x) = \int_A a_k(t)u(t,x)dt, \forall k \quad (4)$$

ค่า a ที่ได้นั้นใช้บ่งบอกคุณลักษณะเชิงเวลาขององค์ประกอบทางกายภาพต่างๆ ที่อาจเป็นปัจจัยหลักในการควบคุมการไหลเวียนของกระแสน้ำทะเล ซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์หาความถี่ของแต่ละองค์ประกอบได้ ส่วน ϕ บ่งบอกรูปแบบหรือโครงสร้างเชิงพื้นที่เฉพาะตัวของแต่ละองค์ประกอบ ซึ่งสามารถทำให้ผู้วิเคราะห์เข้าใจปรากฏการณ์ที่สนใจได้ง่ายขึ้น ทั้งนี้เพื่อให้ศึกษากลไกของกระแสน้ำได้ชัดเจนมากขึ้นงานวิจัยจึงได้นำสภาพกระแสน้ำจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาพิจารณาร่วมด้วย ผลการวิเคราะห์ POD Modes ของกระแสน้ำ และกลไกทางกายภาพที่เกี่ยวข้องมีรายละเอียดในลำดับถัดไป

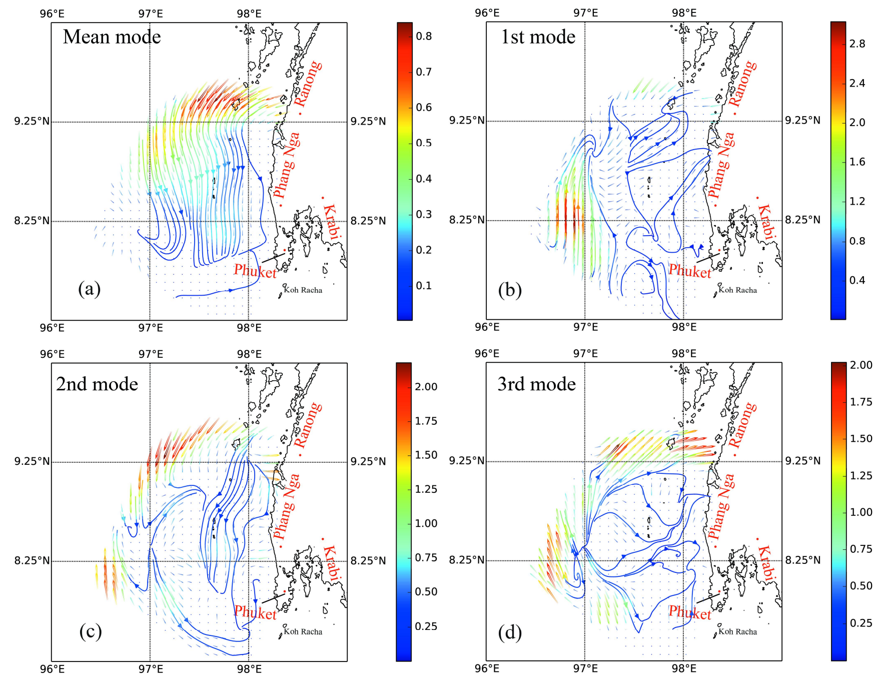
4. ผลและวิจารณ์

สภาพกระแสน้ำทะเลพื้นผิวที่ได้จากระบบ HF เรดาร์ แสดงได้ด้วยค่าการไหลในทิศทางต่างๆ (ภาพที่ 1) ซึ่งโดยธรรมชาติแล้วอาจถูกชักนำให้เกิดขึ้นโดยปัจจัยทางกายภาพหลายปัจจัย เช่น กระแสน้ำที่เกิดจากอิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลง ลมมรสุม พลังงานแสงอาทิตย์ รวมทั้งสภาพชายฝั่งและพื้นท้องทะเล เป็นต้น อิทธิพลของปัจจัยดังกล่าวทำให้สภาพกระแสน้ำในภูมิภาคต่างๆ มีลักษณะแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามมักปรากฏคุณลักษณะเฉพาะหรือองค์ประกอบบางประการที่โดดเด่น ที่แสดงให้เห็นปัจจัยขับดันหรือสภาพแวดล้อมที่ควบคุมรูปแบบการไหลเวียนและขนาดของกระแสน้ำในพื้นที่นั้นๆ ซึ่งเป็นการยากที่จะวิเคราะห์หารูปแบบดังกล่าวจากข้อมูลตรวจวัดในรูปแบบต่างๆรวมทั้งผลลัพธ์จากแบบจำลองฯในพื้นที่ที่มีพลวัตรของกระแสน้ำสูง เช่น บริเวณทะเลอันดามัน อย่างไรก็ตามด้วยการประยุกต์วิธีแยกองค์ประกอบหลักแบบ POD ในงานวิจัยนี้ ทำให้สามารถจำแนกองค์ประกอบของกระแสน้ำจากระบบ HF เรดาร์ บริเวณชายฝั่งประเทศไทยด้านทะเลอันดามันได้ 3 องค์ประกอบหลัก ซึ่งเป็น modes ที่มีพลังงาน (energetic frequency) สูงที่สุด (ภาพที่ 2) โดยแต่ละองค์ประกอบมีโครงสร้างเชิงพื้นที่แสดงในภาพที่ 3 และพบว่าองค์ประกอบของกระแสน้ำทะเลบริเวณดังกล่าวมีลักษณะการผันแปรเป็นช่วงเวลาหรือเป็นคาบอยู่ในช่วง 12 ถึง 77 ชั่วโมงโดยประมาณ โดยองค์ประกอบที่มีนัยสำคัญสูงสุดคือ 1st mode มีคาบการเกิดซ้ำ 12.05 ชั่วโมง รองลงมาคือ 2nd mode (23.82 ชั่วโมง) และ 3rd mode (76.9 ชั่วโมง) เมื่อพิจารณาคาบการเกิดซ้ำของแต่ละองค์ประกอบ (ภาพที่ 4) พบว่ามีความใกล้เคียงกับคุณสมบัติของคลื่นน้ำขึ้น–น้ำลงที่พบในภูมิภาคนี้ โดยคาบของ 1st mode มีค่าใกล้เคียงกับคาบของ semi-diurnal tides ได้แก่ คลื่น M_2 และ S_2 หรือเท่ากับ 12 ชั่วโมงโดยประมาณ ส่วนคาบของ2nd mode มีค่าใกล้เคียงกับคุณลักษณะของ diurnal tides ที่มีคาบประมาณ 24 ชั่วโมง ส่วนลักษณะของ 3rd mode ไม่พบในคุณสมบัติของคลื่นน้ำขึ้น–น้ำลงที่พบในภูมิภาคนี้แต่อาจมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมของคลื่นยาวที่เกิดจากปัจจัยอื่นได้

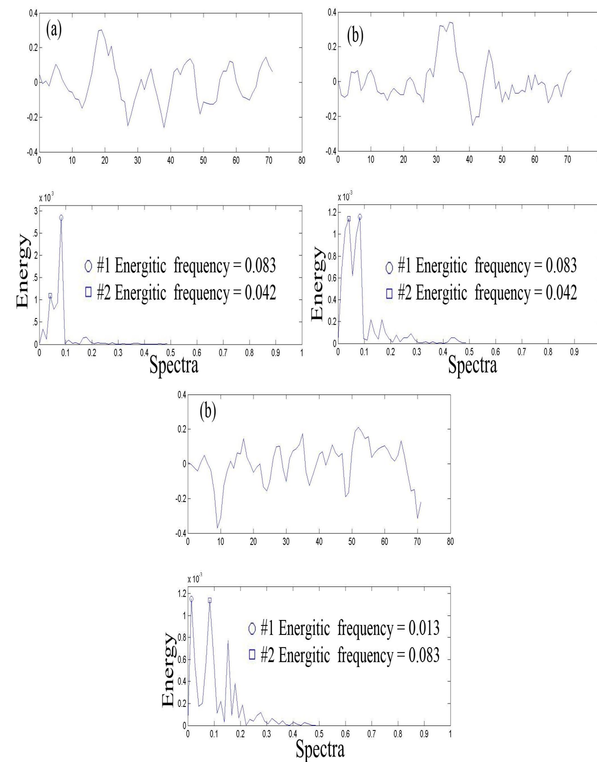
เมื่อพิจารณาโครงสร้างเชิงพื้นที่จากค่าเฉลี่ยของข้อมูลหรือ Mean mode ของ POD (ภาพที่ 3 (a)) พบว่า การไหลเวียนของกระแสน้ำในภาพรวมมีลักษณะเด่นสองลักษณะได้แก่ 1) มีทิศทางตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ได้แก่บริเวณเหนือละติจูดที่ 9.25 2) มีทิศทางการไหลเวียนในทิศเหนือ-ใต้สำหรับบริเวณที่อยู่ต่ำกว่าละติจูดที่ 9.25 โดยที่ค่า magnitude เฉลี่ยบริเวณแรก มีค่าสูงกว่าบริเวณถัดมา ประมาณ 2 เท่า สำหรับรูปแบบการไหลเวียนของแต่ละองค์ประกอบนั้นพบว่า รูปแบบการไหลเวียนของ 1st mode แตกต่างไปจาก Mean mode ในบริเวณใกล้ชายฝั่งตั้งแต่ละติจูดที่ 9.25 องศาลงมา โดยจะไหลเวียนในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้เป็นส่วนใหญ่ ในกรณีของ 2nd mode นั้นพบว่าการไหลเวียนในบริเวณใกล้ชายฝั่งที่กล่าวมาค่อนข้างสอดคล้องกับ ลักษณะของ Mean mode ส่วน3rd mode มีทิศทางการไหลเวียนค่อนไปในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้คล้ายกับ 1st mode



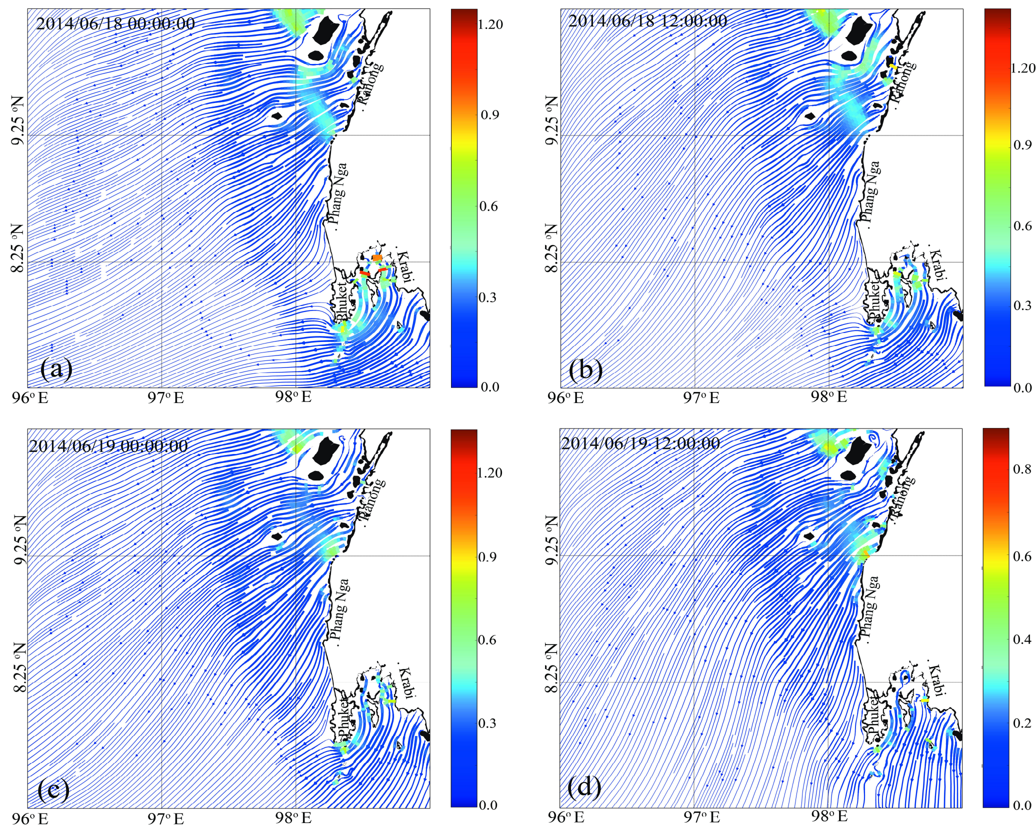
ภาพที่ 2 การกระจายของค่าพลังงานจลน์ในแต่ละ POD modes



ภาพที่ 3 โครงสร้างเชิงพื้นที่ของแต่ละ POD modes สำหรับกระแสน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งประเทศไทย-ทะเลอันดามัน



ภาพที่ 4 โครงสร้างเชิงเวลา (ความถี่) และสเปคตรัมของ POD modes 1 2 และ 3



ภาพที่ 5 รูปแบบการไหลเวียนของน้ำทะเลที่ได้จากแบบจำลอง FVCOM

กระแสน้ำของแต่ละองค์ประกอบมีรูปแบบการไหลเวียนที่ซับซ้อน ส่วนการกระจายของค่าคุณลักษณะเชิงพื้นที่ ϕ นั้นพบว่า 1st mode มีค่าสูงกว่า 2nd mode และ 3rd mode อย่างไรก็ตามการผันแปรเชิงพื้นที่ของค่า ϕ ในทุก mode มีรูปแบบคล้ายกัน โดยแต่ละ mode มีโครงสร้างประกอบด้วยกลุ่มพื้นที่ที่มีขนาดของ ϕ สูงบริเวณเหนือละติจูดที่ 9.25 องศา บริเวณใกล้ชายฝั่ง จ.ระนอง และ จ.พังงา รวมทั้งพื้นที่ห่างชายฝั่งออกมาที่บริเวณลองกิจูด 96.5 ถึง 97 องศา ส่วนบริเวณที่มีค่า ϕ ต่ำ ได้แก่ บริเวณโดยรอบเกาะภูเก็ตโดยมีขนาดที่ต่ำกว่า บริเวณที่กล่าวถึงก่อนหน้านี้ประมาณ 2 เท่า

ผลการศึกษาดังที่กล่าวมาข้างต้นได้แสดงให้เห็นองค์ประกอบทางกายภาพที่มีบทบาทสำคัญต่อสภาพกระแสน้ำชายฝั่งบริเวณประเทศไทย-ทะเลอันดามันด้วยวิธี POD และพบว่าคุณลักษณะของ 1st mode และ 2nd mode นั้นมีคาบที่สอดคล้องกับลักษณะการแผ่กระจายคลื่นน้ำขึ้น-น้ำลงหลักที่พบในพื้นที่ศึกษา ดังนั้นจึงเป็นข้อมูลบ่งชี้ได้ว่าสภาพกระแสน้ำบริเวณนี้เกิดจากอิทธิพลของคลื่นน้ำขึ้น-น้ำลงเป็นพื้นฐาน โดยเฉพาะคลื่นน้ำขึ้น-น้ำลงแบบที่มีคาบ 12 ชั่วโมง ซึ่งเป็นลักษณะของ semi-diurnal tides ดังที่กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ นอกจากนี้ โครงสร้างเชิงพื้นที่ของแต่ละ POD modes ยังแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลจากปัจจัยอื่นๆที่ส่งผลต่อสภาพกระแสน้ำด้วยเช่นกัน อันได้แก่สภาพสัณฐานชายฝั่งที่มีผลทำให้ขนาดของกระแสน้ำในบางพื้นที่เพิ่มมากขึ้นดังที่ได้แสดงผลการวิเคราะห์รูปแบบการผันแปรเชิงพื้นที่ของกระแสน้ำดังที่ได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ อย่างไรก็ตามลักษณะสำคัญประการหนึ่งที่บ่งชี้ผลกระทบของสภาพสัณฐานชายฝั่งต่อสภาพกระแสน้ำที่เห็นได้ชัด ได้แก่กลุ่มพื้นที่มีขนาดของ ϕ สูง ซึ่งวางตัวอยู่บริเวณเหนือละติจูดที่ 9.25 องศา และบริเวณใกล้ชายฝั่งจังหวัดพังงา ซึ่งต้องมีกระบวนการทางกายภาพที่รองรับกับลักษณะของ POD modes ดังกล่าวนี้ การวิเคราะห์หากระบวนการดังกล่าวจะเป็นการยืนยันความถูกต้องของข้อมูลตรวจวัดและเสริมสร้างองค์ความรู้ด้านพลวัตรของกระแสน้ำที่จะนำไปประยุกต์ให้เกิดประโยชน์ต่อไป เพื่อดำเนินการดังกล่าว งานวิจัยฯจึงได้นำผลการจำลองสภาพการไหลเวียนของน้ำทะเลในทะเลอันดามัน-อ่าวเบงกอลมาพิจารณาร่วมด้วย โดยผลการจำลองได้มาจากการประยุกต์แบบจำลอง Finite Volume Coastal Ocean Model (FVCOM) (Chen *et al.*, 2003) ทำการคำนวณสภาพการไหลเวียนของน้ำทะเลบริเวณทะเลอันดามัน จากปัจจัยขับดันทั้งคลื่นน้ำขึ้น-น้ำลง กระแส

คลื่นน้ำขึ้น-น้ำลง กระแสลมพื้นผิว รวมทั้งพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ ซึ่งได้ผลการคำนวณแสดงดังภาพที่ 5 ซึ่งพบกลุ่มกระแสน้ำความเร็วสูงบริเวณเหนือละติจูดที่ 9.25 องศา และโดยเฉาะอย่างยิ่งบริเวณช่องแคบระว่างแนวรอยเลื่อนระนอง รวมทั้งบริเวณช่องแคบระหว่างเกาะต่างๆด้วย โดยรวมโครงสร้างเชิงพื้นที่ของกระแสน้ำจากแบบจำลองและจากคุณลักษณะของค่า ϕ มีความสอดคล้องกัน และผลการคำนวณของแบบจำลองยังทำให้ทราบว่าโครงสร้างของกระแสน้ำบริเวณไหล่ทวีปเป็นผลมาจากปฏิสัมพันธ์ของกระแสน้ำในช่วงน้ำลงกับสภาพพื้นท้องทะเลรวมทั้งอิทธิพลของสภาพชายฝั่ง โดยปัจจัยหลังนั้นเห็นได้ชัดจากผลของสัณฐานของช่องแคบฯ ซึ่งจะทำให้คลื่นน้ำขึ้น-น้ำลงที่แผ่กระจายเข้ามาถูกหน่วงเหนี่ยวไว้และแอมพลิจูดขยายใหญ่ขึ้น ทำให้เกิดจากความชันของพื้นผิวทะเลสูงตามมาด้วย ซึ่งสามารถชักนำให้เกิดกระแสน้ำทะเลที่มีความเร็วสูงเมื่อเทียบกับบริเวณอื่นๆ นอกจากนั้นกระแสน้ำทะเลที่ไหลผ่านช่วงแคบระหว่างเกาะก็จะถูกเร่งให้มีความเร็วเพิ่มเช่นกัน ทั้งระบบ HF เรดาร์และผลการคำนวณจากแบบจำลองฯ ได้แสดงคุณลักษณะเชิงพื้นที่ของกระแสอันเกิดจากคลื่นทะเลประเภทคลื่นยาวและกระแสน้ำที่เกิดจากอิทธิพลของโครงสร้างทางธรณีสัณฐานได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามพบว่า HF เรดาร์มีแนวโน้มให้ค่ากระแสน้ำที่มากกว่าผลลัพธ์จากแบบจำลองถึง 2 เท่า ที่บริเวณเหนือละติจูดที่ 9.25 และ 9.7 ดังนั้นควรได้มีการศึกษาเปรียบเทียบสภาพกระแสน้ำที่ได้จากแหล่งข้อมูลทั้งสองกับแหล่งข้อมูลอื่นเพิ่มเติมเพื่อให้สามารถบ่งชี้ค่าความเร็วของกระแสน้ำภายใต้สภาพแวดล้อมต่างๆได้ชัดเจนต่อไป

5. สรุปผล

การศึกษานี้จึงได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Proper Orthogonal Decomposition, POD) ของข้อมูลกระแสน้ำทะเลพื้นผิวจากระบบ High Frequency Radar (HF) บริเวณชายฝั่งประเทศไทยด้านทะเลอันดามัน พบว่า ในภาพรวม กระแสน้ำทะเลบริเวณดังกล่าวมีลักษณะผันแปรเป็นช่วงเวลาหรือเป็นคาบ โดยจำแนกองค์ประกอบหลักได้ 3 องค์ประกอบ แต่ละองค์ประกอบมี Eigen-period เท่ากับ 12.05 23.82 และ 76.9 ชั่วโมงโดยประมาณ ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวมีความสอดคล้องกับสภาพการแผ่กระจายคลื่นน้ำขึ้น-น้ำลงหลักที่พบในพื้นที่ศึกษา นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ POD modes มีความสอดคล้องกับสภาพกระแสน้ำที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ อันเกิดจากอิทธิพลของสภาพชายฝั่งและภูมิประเทศของไหล่ทวีป ผลการวิเคราะห์ POD modes สามารถประยุกต์ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฯ ซึ่งอำนวยประโยชน์ต่อการลดความคลาดเคลื่อนของระบบพยากรณ์สภาพสมุทรศาสตร์บริเวณชายฝั่งประเทศไทยด้านทะเลอันดามันต่อไป

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ข้อมูลกระแสน้ำทะเลพื้นผิวจากระบบ High Frequency Radar (HF) อาจมีลักษณะไม่ต่อเนื่องทั้งเชิงพื้นที่และเวลา ซึ่งผลการวิเคราะห์ POD สามารถประยุกต์จัดการความไม่สมบูรณ์ของข้อมูลดังกล่าวได้ (Hasen *et al*., 2005) อย่างไรก็ตามการพัฒนาวิธีวิเคราะห์หาองค์ประกอบหลักบนพื้นฐานของข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์หรือขาดความต่อเนื่องได้ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ได้มาก

6.2 ผลการวิเคราะห์ POD อาจประยุกต์เป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อจำลองสภาพกระแสน้ำบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยด้านทะเลอันดามันให้มีความถูกต้องได้ โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมแก่การนำมาประยุกต์ศึกษาสภาพสมุทรศาสตร์ในพื้นที่ดังกล่าวควรมีศักยภาพในการคำนวณสภาพกระแสน้ำที่เป็นองค์ประกอบหลักตาม POD modes ได้ถูกต้องทั้งโครงสร้างเชิงพื้นที่และเวลาเป็นอย่างน้อย อย่างไรก็ตามสภาพกระแสน้ำบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยด้านทะเลอันดามันมีความซับซ้อน ควรได้มีการดำเนินการศึกษาด้วยระบบตรวจวัดและแบบจำลองฯ อย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้องค์ความรู้ที่ถูกต้องพอเพียงแก่การประยุกต์ในด้านต่างๆต่อไป

เอกสารอ้างอิง

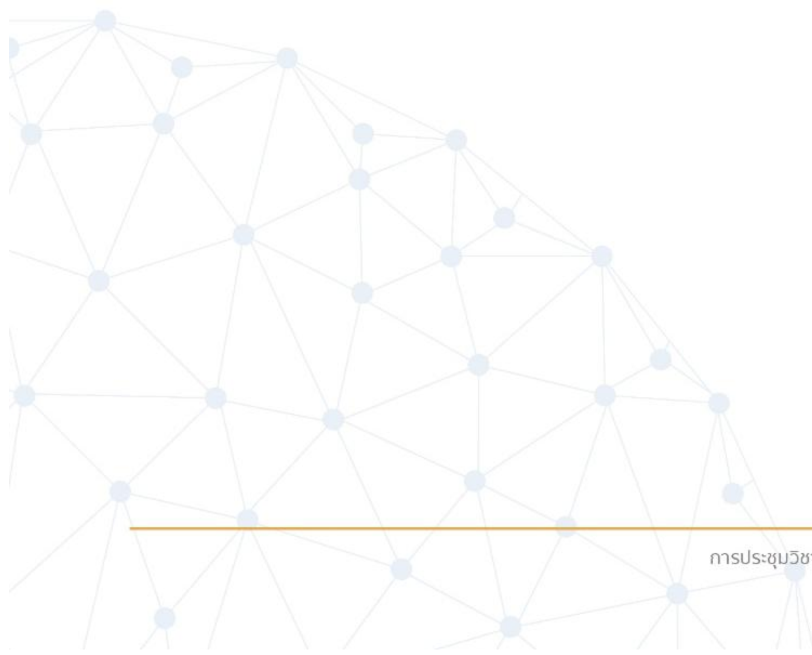
C. Chen, H. Liu and R.C. Beardsley. (2003). An unstructured grid, finite volume, three-dimensional, primitive equation ocean model: Application to coastal ocean and estuaries. **Journal of atmosphere and oceanic Technology 20** (January), 159–186.

C. Milot. (2005). Circulation in the Mediterranean Sea: evidences, debates and unanswered question. **Scientia Marina, 69 (**January), 5-12.

G. Hasan, S. Sirisup and E.K. George. (2005). Gappy data: To Krig or not to Krig?. **Journal of Computational Physics, 212** (August). 358–382.

H.M. Hafez, K. Oshima and D. Kwak (2010). **Computational Fluid Dynamics Review 2010.** USA: World Scientific.

P.R. Pinet (2009). **Invitation to Oceanography**. USA: Jones and Bartlett Publishers.



เปรียบเทียบวิธีการจำแนกพรรณไม้ป่าชายเลนเขตร้อนด้วยวิธี Spectral Angle Mapper กับ Grey Level Co-occurrence Matrix

A Comparison of methods using Spectral Angle Mapper and Grey Level Co-occurrence Matrix for classification of tropical mangrove vegetation

เมธี ชัยธีระพันธุ์กุล และ ชัยโชค ไวภาษา

Maytee Chaiterapunkul and Chaichoke Vaiphasa

ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทรศัพท์ 02-678-0707โทรสาร 02-678-0707

E-mail: dragoon56@hotmail.com, chaichoke@hotmail.com

บทคัดย่อ

ป่าชายเลนเป็นระบบนิเวศที่สำคัญต่อความสมดุลของสิ่งแวดล้อมในระบบนิเวศชายฝั่งและมีคุณค่าทั้งทางด้านสังคมและเศรษฐกิจอย่างมากในหลายๆประเทศเขตร้อน จึงจำเป็นที่จะต้องมีการสำรวจ เพื่อตรวจสอบ ติดตามความเปลี่ยนแปลงของป่าชายเลนด้วยวิธีการที่มีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบการจำแนกป่าชายเลนในระดับพรรณไม้ด้วยข้อมูลจากภาพถ่ายจากดาวเทียมที่มีความละเอียดสูงด้วยวิธี Spectral Angle Mapper (SAM) และวิธี Grey Level Co-occurrence Matrix(GLCM) โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม QuickBird ในพื้นที่อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ผลการศึกษาพบว่าการใช้วิธีการจำแนกพรรณไม้ในป่าชายเลนแบบ Spectral Angle Mapper (SAM)และวิธี Grey Level Co-occurrence Matrix (GLCM) ได้ให้ผลลัพธ์ออกมามีค่าความถูกต้องโดยรวมอยู่ที่ 43% และ 42% ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความถูกต้องของผลลัพธ์ใกล้เคียงกัน วิธีการที่นำเสนอทั้งสองวิธีนี้เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่ใช้ในการจำแนกสิ่งปกคลุมดินอื่นๆ ผู้วิจัยจึงได้นำทั้งสองวิธีใช้ในการจำแนกพรรณไม้ป่าชายเลนในระดับสายพันธุ์ แต่ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้กลับมีค่าความถูกต้องน้อย ทั้งนี้ อาจเนื่องจากกลุ่มข้อมูลตัวอย่างและกลุ่มข้อมูลทดสอบที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีจำนวนค่อนข้างน้อย จึงไม่สามารถเป็นตัวแทนที่ดีของข้อมูลแต่ละประเภท ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปถ้าเพิ่มพื้นที่กลุ่มตัวอย่างและวิธีการปรับแก้ไขผลลัพธ์หลังการจำแนกที่เหมาะสม คาดว่าจะทำให้ผลการศึกษามีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: ป่าชายเลน การสำรวจระยะไกล ดาวเทียมความละเอียดสูงการจำแนกพรรณไม้

ABSTRACT

Mangrove forests help preserve the balance of costal ecosystems and environment. The value of mangrove forests is witnessed in the socio-economic development in many tropical countries. It’s therefore a must to monitor the changes of the mangrove forests by effective means so as to ensure sustainable managements. This work comparestwo methods of mangrove species classification using high-resolution satellite images. The firstclassifier is Spectral Angle Mapper (SAM), and second method is Grey Level Co-occurrence Matrix (GLCM). The satellite data used is the QuickBird image taken in the Pak Phanang district, Thailand. The overall accuracy of the results obtained from the Spectral Angle Mapper and Grey Level Co-occurrence Matrix are43%, and 42%, respectively. Both methods have been effective to use in other land cover classification. But for this study, these two methods provided rather low accuracy of the results.This may be the test data used in this study

were relatively small number. It cannot be a good representation of different data types. So the next researchshould be increase the sample area and post-classification method. The study is expected to be even more accurate.

KEY WORDS: Mangrove forests, Remote sensing, Highresolution satellite, vegetation Classification.

1. บทนำ

ป่าชายเลนเป็นส่วนหนึ่งของระบบนิเวศชายฝั่งเขตร้อนที่มีความสำคัญ มีบทบาทในการรักษาสมดุลของธาตุอาหาร เป็นแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำ ช่วยในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนก่อนลงสู่ทะเล การกักตะกอนของป่าชายเลนช่วยลดอัตราการกัดเซาะชายฝั่งอย่างไรก็ตามการสำรวจภาคสนามในป่าชายเลนที่สามารถเข้าถึงได้ยากต้องใช้แรงงานและเวลาในการสำรวจสูง เทคโนโลยีสำรวจระยะไกลเป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เพราะเป็นวิธีการที่ไม่ทำลายตัวอย่างและลดระยะเวลาและแรงงานในการสำรวจ

การสำรวจระยะไกลในสมัยก่อนนั้นภาพถ่ายดาวเทียมยังมีความละเอียดที่น้อย เนื่องจากเทคโนโลยียังไม่รองรับ เลยทำให้ยังไม่สามารถทำการจำแนกพรรณไม้ป่าชายเลนได้จนมาถึงปัจจุบันภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความละเอียดสูงเป็นหนึ่งในการสำรวจสมัยใหม่ ที่ช่วยเพิ่มโอกาสในการทำแผนที่การจำแนกป่าชายเลนระดับสายพันธุ์

มีงานวิจัยในการจำแนกพรรณไม้ในระดับสายพันธุ์ของป่าชายเลนออกเป็น 3 ชนิด คือ ป่าชายเลนแดง ป่าชายเลนขาวและป่าชายเลนดำโดยใช้วิธีแบบ Pixel-Basedด้วยวิธี Maximum Likelihood (ML), Object-Basedด้วยวิธี Grey Level Co-occurrence Matrix (GLCM)และแบบผสม โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูงIKONOS และ QuickBirdแล้วนำมาเปรียบเทียบกันในพื้นที่ประเทศปานามา ซึ่งเป็นพื้นที่ป่าชายเลนเขตร้อนและให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องสูง (Wang et al., 2004)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะเปรียบเทียบวิธีการจำแนกพรรณไม้ในระดับสายพันธุ์ของป่าชายเลนเขตร้อน 5 ชนิด คือ แสมขาว(AA) แสมทะเล(AM) ถั่วดำ(BP) โกงกางใบเล็ก(RA) และโกงกางใบใหญ่(RM) ด้วยวิธี Spectral Angle Mapper (SAM) กับวิธี Grey Level Co-occurrence Matrix (GLCM) โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูง QuickBirdพื้นที่ศึกษาคือบริเวณแหลมตะลุมพุก อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งมีความหลายหลายทางสายพันธุ์ของป่าชายเลน

2. วัตถุประสงค์

เปรียบเทียบวิธีการจำแนกพรรณไม้ป่าชายเลนเขตร้อนด้วยวิธี Spectral Angle Mapper (SAM) กับวิธี Grey Level Co-occurrence Matrix (GLCM)

3. วิธีการวิจัย

3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

3.1.1 ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม QuickBirdบันทึกภาพเมื่อ 13ตุลาคมพ.ศ.2552 ซึ่งประกอบด้วย 4 ช่วงคลื่น แบบ Multispectral ที่ความละเอียด 2.4 เมตรและ อีก 1 ช่วงคลื่น แบบ Panchromatic ที่ความละเอียด 0.6 เมตรเป็นภาพถ่ายดาวเทียม 11 บิท

3.1.2 ข้อมูลภาคสนาม ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลภาคสนามจากงานวิจัยของ วีรพงศ์ เกิดสิน (2556) ซึ่งมีการสำรวจภาคสนามในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 โดยใช้ข้อมูลที่ผ่านการจำแนกด้วยวิธีแบบไม่ควบคุมแบบ K-Mean 15 ประเภทข้อมูล ใช้ข้อมูลภาพถ่าย ASTER วางแผนเลือกแปลงตัวอย่างแบบสุ่ม ด้วยวิธี Line Transect เลือกแปลงตัวอย่างที่สามารถเข้าถึงได้ง่ายและครอบคลุมทุกประเภทข้อมูล ประมาณ 100 แปลง ทำการวางแปลงขนาด 30 X 30 เมตร นับจำนวนแยกเป็นแต่ละสายพันธุ์ไม้ที่มีความสูงมากกว่า 2.5 เมตร บันทึกค่าพิกัดจุดกึ่งกลางแปลง โดยมีการปรับแก้ความถูกต้องด้วยหลักการ DGPS (Differential Global Positioning System)และนำมาทำการ Grow ในโปรแกรม ENVI

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.2.1 การประมวลผลเบื้องต้น (Pre-Processing)

- การปรับแก้เชิงรังสี (Radiometric correction)

ทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี (Radiometric Correction) ในระดับ 2A ด้วยการปรับแก้ข้อมูลชั้นบรรยากาศด้วยแบบจำลอง Fast Line of Sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercube (FLAASH) ในโปรแกรม ENVI ซึ่งใช้พื้นฐานแบบจำลองการถ่ายเทรังสีของชั้นบรรยากาศแบบ MODTRAN-4

- การปรับแก้เชิงเรขาคณิต (Geometric correction)

ภาพถ่ายดาวเทียมดังกล่าวได้ทำการกำหนดพิกัดภูมิศาสตร์ด้วยวิธีการ Resampling แบบ Nearest Neighborบนระบบพื้นหลักฐานอ้างอิงแบบ WGS 1984 ระบบพิกัด UTM Zone 47 North โดยมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 1 พิกเซล

3.2.2 การจำแนกประเภทข้อมูล(Classification)

1) วิธี Spectral Angle Mapper (SAM)

- ทำการเลือก ROI (Region of Interest) ของแต่ละประเภทพรรณไม้บนภาพถ่ายจากดาวเทียม Quickbird บริเวณเดียวกับพื้นที่ที่เก็บข้อมูลภาคสนามของ วีรพงศ์ เกิดสิน (2556) โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ Training Data กับ Testing Data ให้มีข้อมูลจำนวนข้อมูลใกล้เคียงกันดังตารางที่1 และภาพที่ 1

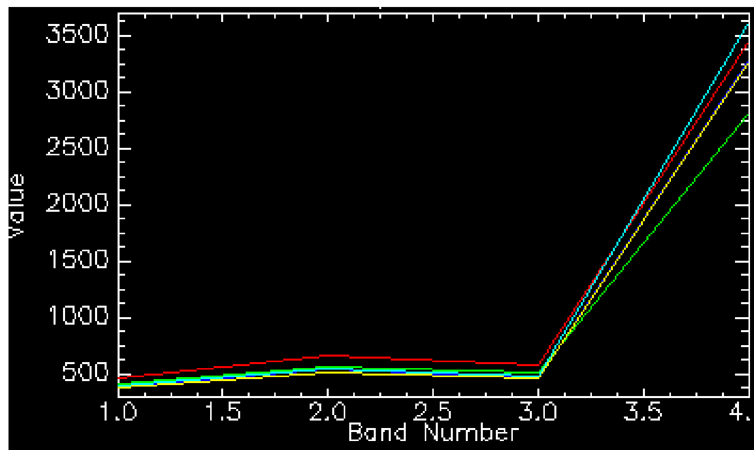
ตารางที่ 1 พรรณไม้เด่น 5 ชนิด ในบริเวณป่าชายเลนแหลมตะลุมพุกที่ใช้เป็นข้อมูลตัวอย่าง(Training Data) และข้อมูลสำหรับตรวจสอบความถูกต้อง

ชื่อพรรณไม้	ตัวย่อ	ชื่อวิทยาศาสตร์	Training Data (จุดภาพ)	Testing Data (จุดภาพ)
แสมขาว	AA	*Bruguieraparviflora* Bl.	650	624
แสมทะเล	AM	*Avicenniamarina* (Forsk.) Vierh.	650	613
ถั่วดำ	BP	*Avicenniaalba* Bl.	651	600
โกงกางใบเล็ก	RA	*Rhizophoraapiculata* Bl.	613	624
โกงกางใบใหญ่	RM	*Rhizophoramucronata*Poir.	637	600
		รวม	3201	3061



ภาพที่ 1 Region of Interest (ROI) ของพรรณไม้ทั้ง 5 ชนิด

- คำนวณข้อมูลทางสถิติของกลุ่มข้อมูลตัวอย่าง ข้อมูลทางสถิติของกลุ่มข้อมูลตัวอย่างของพรรณไม้ 5 ชนิด ดังกราฟที่ 1



กราฟที่ 1(ก) กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของกลุ่มข้อมูลตัวอย่าง

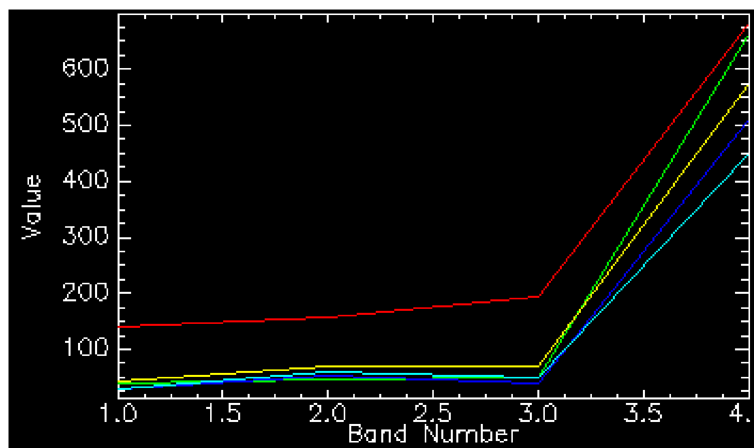
คำอธิบายสัญลักษณ์

แสมขาว (AA)

แสมทะเล (AM)

ถั่วขาว (BP)

โกงกางใบเล็ก (RA)



กราฟที่ 1(ข) กราฟแสดงค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มข้อมูลตัวอย่าง

กราฟที่ 1 แสดงข้อมูลทางสถิติของกลุ่มตัวอย่าง

หมายเหตุ Band 1 คือ Blue, Band 2 คือ Green, Band 3 คือ Red, Band 4 คือ Near-Infrared

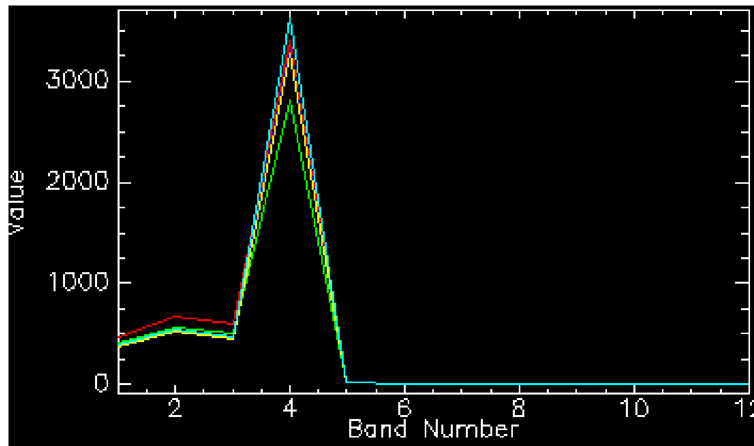
- ทำการ Classify ภาพ Multispectral ด้วยการใช้วิธี SAM (Spectral Angle Mapper) โดยใช้ ROI (Region of Interest) ในกลุ่ม Training data

2) วิธี Grey Level Co-occurrence Matrix (GLCM)

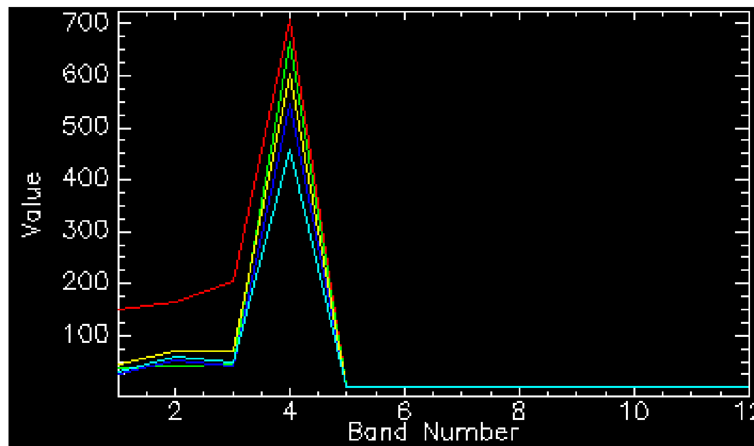
- ทำการเลือก ROI (Region of Interest) จากข้อมูลภาคสนามโดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ Training Data กับ Testing Data ให้มีข้อมูลจำนวนข้อมูลใกล้เคียงกัน (ใช้ข้อมูลชุดเดียวกับ วิธี Spectral Angle Mapper)
- คำนวณเนื้อภาพ (Texture) โดยใช้ฟังก์ชัน Co-Occurrence ได้ออกมาเป็นค่า Mean, Variance, Entropy, Angular Second Moment, Homogeneity, Contrast และ Correlation

- ทำการรวมแบนด์ Mean, Variance, Entropy, Angular Second Moment, Homogeneity, Contrast และ Correlation เข้ากับแบนด์ Multispectral

- คำนวณข้อมูลทางสถิติของกลุ่มข้อมูลตัวอย่าง ข้อมูลทางสถิติของกลุ่มข้อมูลตัวอย่างของพรรณไม้ 5 ชนิด ดังกราฟที่ 2



กราฟที่ 2(ก) กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของกลุ่มข้อมูลตัวอย่าง



กราฟที่ 2 (ข) กราฟแสดงค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มข้อมูลตัวอย่าง

คำอธิบายสัญลักษณ์

แสมขาว (AA)

แสมทะเล (AM)

ถั่วขาว (BP)

โกงกางใบเล็ก (RA)

กราฟที่ 2 แสดงข้อมูลทางสถิติของกลุ่มตัวอย่าง

หมายเหตุ Band 1 คือ Blue, Band 2 คือ Green, Band 3 คือ Red, Band 4 คือ Near-Infrared, Band 5 คือ Mean, Band 6 คือ Variance, Band 7 คือ Homogeneity, Band 8 คือ Contrast, Band 9 คือ Dissimilarity, Band 10 คือ Entropy, Band 11 คือ Angular Second Moment, Band 12 คือ Correlation

- ทำการ Classify ภาพที่รวมแบนด์แล้ว ด้วยใช้วิธี Grey Level Co-occurrence Matrix (GLCM) โดยใช้ ROI (Region of Interest) ในกลุ่ม Training data

3.2.3 การประมวลผลหลังการจำแนกข้อมูล (Post-Processing)

- ทำการตรวจสอบความถูกต้องโดยดูจาก Confusion Matrix

3.3 เปรียบเทียบผลการจำแนก

- ทำการเปรียบเทียบผลการจำแนกของทั้ง 2 วิธี

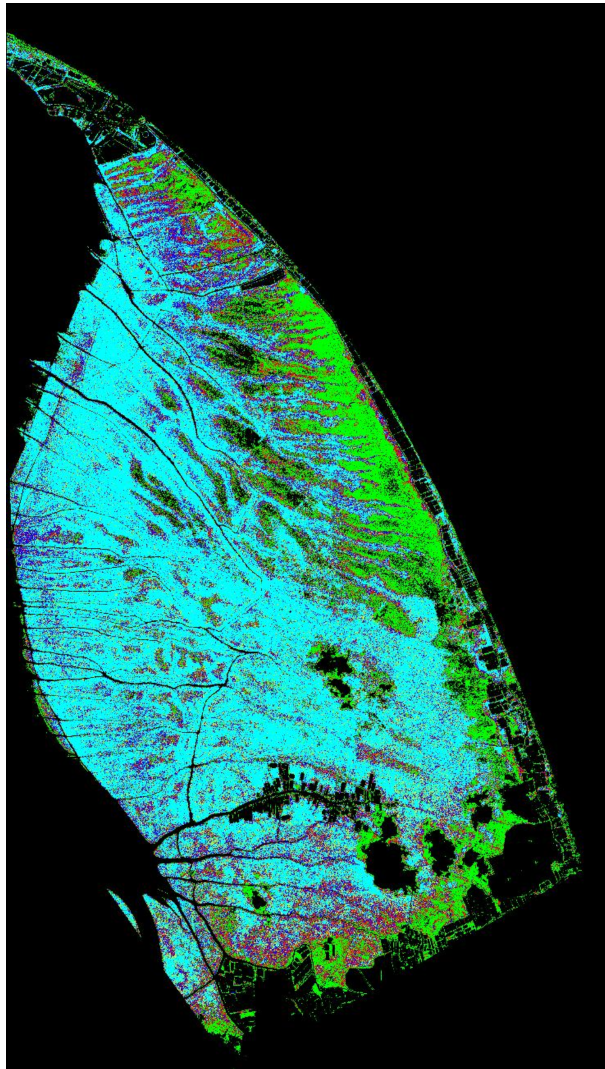
4. ผลการวิจัย

4.1 วิธีการจำแนกแบบSpectral Angle Mapper (SAM)

ผลการจำแนกพรรณไม้ป่าชายเลนด้วยวิธี Spectral Angle Mapper (SAM) จากพรรณไม้ทั้ง 5 ชนิด พบว่าเป็นโกงกางใบใหญ่ (RM) เป็นส่วนใหญ่เกือบทั้งพื้นที่ พบแสมทะเล (AM) ทางด้านทิศตะวันออกและทางด้านทิศใต้ของพื้นที่ ส่วนพรรณไม้อีก 3 ชนิด คือ แสมขาว (AA) ถั่วดำ (BP) และโกงกางใบเล็ก(RA) พบได้น้อยและขึ้นปะปนกัน ดังในภาพที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนจุดภาพที่ได้จากการจำแนกแบบSpectral Angle Mapper (SAM)

พรรณไม้	จำนวน (จุดภาพ)
แสมขาว (AA)	1,251,138
แสมทะเล (AM)	2,224,750
ถั่วดำ (BP)	1,873,674
โกงกางใบเล็ก (RA)	1,002,416
โกงกางใบใหญ่ (RM)	5,678,767



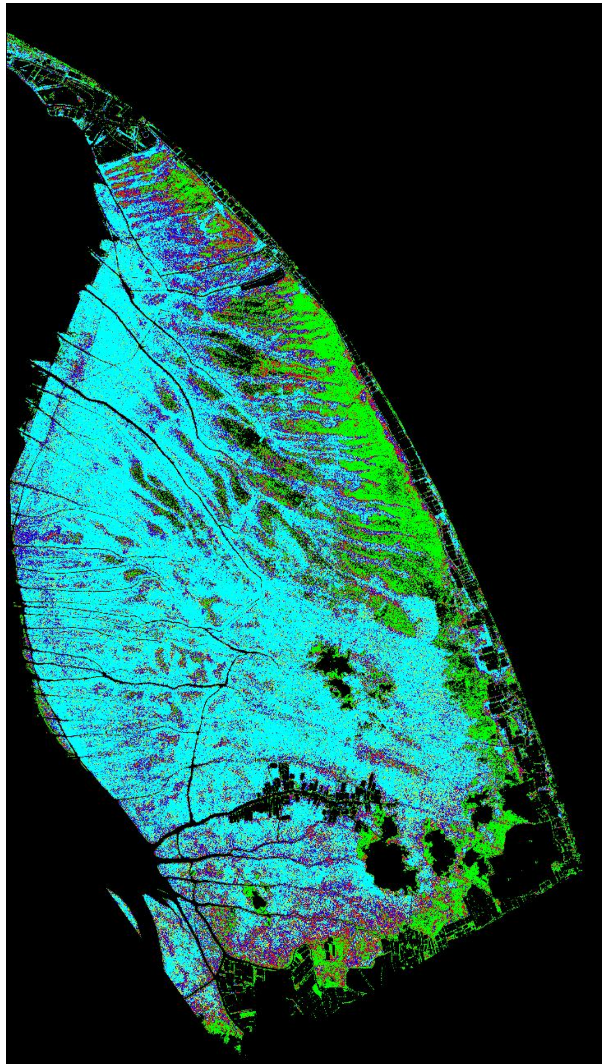
ภาพที่ 2ภาพแสดงผลการจำแนกพรรณไม้ป่าชายเลนด้วยวิธี Spectral Angle Mapper (SAM)

4.2 วิธีการจำแนกแบบGrey Level Co-occurrence Matrix (GLCM)

ผลการจำแนกพรรณไม้ป่าชายเลนด้วยวิธี Grey Level Co-occurrence Matrix (GLCM) จากพรรณไม้ทั้ง 5 ชนิด พบว่าเป็นโกงกางใบใหญ่ (RM) เป็นส่วนใหญ่เกือบทั้งพื้นที่ พบแสมทะเล (AM) ทางด้านทิศตะวันออกและทางด้านทิศใต้ของพื้นที่ ส่วนพรรณไม้อีก 3 ชนิด คือ แสมขาว (AA) ถั่วดำ (BP) และโกงกางใบเล็ก(RA) พบได้น้อยและขึ้นปะปนกัน ดังในภาพที่ 3

ตารางที่ 3 จำนวนจุดภาพที่ได้จากการจำแนกแบบGrey Level Co-occurrence Matrix (GLCM)

พรรณไม้	จำนวน (จุดภาพ)
แสมขาว (AA)	1,145,346
แสมทะเล (AM)	2,072,019
ถั่วดำ (BP)	2,116,454
โกงกางใบเล็ก (RA)	1,023,520
โกงกางใบใหญ่ (RM)	5,668,689



คำอธิบายสัญลักษณ์

แสมขาว (AA) มีพื้นที่ร้อยละ 9

แสมทะเล (AM) มีพื้นที่ร้อยละ 18

ถั่วขาว (BP) มีพื้นที่ร้อยละ 18

โกงกางใบเล็ก (RA) มีพื้นที่ร้อยละ 8

โกงกางใบใหญ่ (RM) มีพื้นที่ร้อยละ 47

ภาพที่ 3 ภาพแสดงผลการจำแนกพรรณไม้ป่าชขายเลนด้วยวิธี Grey Level Co-occurrence Matrix (GLCM)

4.3 การตรวจสอบความถูกต้อง

ผลความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกพรรณไม้ป่าชายเลนแบบ Spectral Angle Mapper (SAM) ได้ค่าความถูกต้องร้อยละ 43 ดังตารางที่ 4

ส่วนผลความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกพรรณไม้ป่าชายเลนแบบGrey Level Co-occurrence Matrix (GLCM)ได้ค่าความถูกต้องร้อยละ 42 ดังตารางที่ 5

เมื่อเปรียบเทียบผลความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกพรรณไม้ป่าชายเลนทั้งสองวิธี พบว่า วิธี Spectral Angle Mapper (SAM) ให้ค่าความถูกต้องมากกว่าวิธี Grey Level Co-occurrence Matrix (GLCM) เพียงร้อยละ 1ซึ่งทั้งสองวิธีสามารถจำแนกแสมทะเล(AM) และโกงกางใบใหญ่ (RM) ได้ดี ส่วนพรรณไม้อีกสามชนิด คือ แสมขาว (AA) ถั่วดำ (BP) และโกงกางใบเล็ก (RA) วิธีการจำแนกทั้งสองวิธีได้จำแนกพรรณไม้ทั้งสามชนิดเป็นโกงกางใบใหญ่ (RM) จึงยังไม่สามารถจำแนกพรรณไม้ทั้งสามชนิดออกจากกันได้อย่างชัดเจน

ตางรางที่ 4 Confusion Matrixของการจำแนกแบบ Spectral Angle Mapper (SAM)

ผลการจำแนกข้อมูลแบบ SAM

ข้อมูลจากภาคสนาม								
Class	AA	AM	BP	RA	RM	Sum	Producer Accuracy (%)	User Accuracy (%)
Unclassified	14	15	0	0	2	31		
AA	57	15	20	11	8	111	9	51
AM	38	583	7	6	12	646	95	90
BP	153	0	119	58	74	404	19	29
RA	52	0	52	107	50	261	17	40
RM	310	0	402	442	454	1608	75	28
Sum	624	613	600	624	600	3061		

หมายเหตุ AA คือแสมขาว, AM คือ แสมทะเล, BP คือ ถั่วดำ, RA คือ โกงกางใบเล็ก, RM คือ โกงกางใบใหญ่

ตางรางที่ 5 Confusion Matrixของการจำแนกแบบ Grey Level Co-occurrence Matrix (GLCM)

ผลการจำแนกข้อมูลแบบ

ข้อมูลจากภาคสนาม								
Class	AA	AM	BP	RA	RM	Sum	Producer Accuracy (%)	User Accuracy (%)
Unclassified	25	27	0	0	2	54		
AA	47	29	11	5	7	99	7	47
AM	25	556	8	3	12	604	90	92
BP	157	1	126	69	73	426	21	29
RA	55	0	55	107	54	271	17	39
RM	315	0	400	440	452	1607	75	28
Sum	624	613	600	624	600	3061		

หมายเหตุ AA คือแสมขาว, AM คือ แสมทะเล, BP คือ ถั่วดำ, RA คือ โกงกางใบเล็ก, RM คือ โกงกางใบใหญ่

5. วิจารณ์ผลและสรุปผล

เมื่อพิจารณาจากค่าความถูกต้องที่ได้จากทั้งสองวิธี พบว่าค่าความถูกต้องโดยรวมของทั้งสองวิธี คือ 43 เปอร์เซ็น และ 42 เปอร์เซ็นตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับที่ค่อนข้างต่ำ สามารถจำแนกพรรณไม้ชนิดแสมทะเล (AM) ได้ดีเพียงชนิดเดียว ส่วนพรรณไม้ชนิดอื่นยังไม่สามารถจำแนกออกจากกันได้ เนื่องจากภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูง ซึ่งในการวิจัยนี้คือ ภาพถ่ายดาวเทียม QuickBird มีจำนวนแบนด์เพียง 4 แบนด์ ซึ่งอาจไม่เพียงพอต่อการจำแนกพรรณไม้ป่าชายเลน ในงานวิจัยของวีรพงศ์ เกิดสิน (2556) ภาพถ่ายที่มีความละเอียดน้อยกว่า แต่มีจำนวนช่วงคลื่นมากสามารถจำแนกพรรณไม้ป่าชายเลนได้มีความถูกต้องสูงในส่วนของเนื้อภาพนั้นภาพถ่ายดาวเทียม QuickBirdให้รายละเอียดเนื้อภาพที่ละเอียดมากขึ้น เพราะเป็นภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูง สามารถเห็นเนื้อภาพได้ แต่เนื่องด้วยเป็นพื้นที่ในป่าชายเลนซึ่งมีลักษณะเป็นป่าทึบ เนื้อภาพมีความคล้ายคลึงกันทั้งพื้นที่ การใช้วิธี Grey Level Co-occurrence Matrix (GLCM) เพื่อสกัดเนื้อภาพออกมานั้นให้ผลลัพธ์ออกมาได้ไม่ดีเท่าที่ควร อาจเป็นเพราะยังเกิดความสับสนในการสกัดเนื้อภาพอยู่ในส่วนของการเก็บข้อมูลภาคสนามนั้นทำได้ยาก เนื่องจากเป็นป่าทึบ ทำให้ข้อมูลภาคสนามมีจำนวนน้อยไม่เพียงพอที่จะเป็นตัวแทนที่ดี บริเวณจุดภาพตัวอย่างแต่ละประเภทให้สีและเนื้อภาพใกล้เคียงกัน จึงไม่สามารถที่จะแยกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนทั้ง 5 ชนิดออกจากกันได้

6. ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบวิธีการจำแนกพรรณไม้ป่าชายเลน 5 ชนิดในเขตร้อน ด้วยวิธี Spectral Angle Mapper (SAM) และวิธี Grey Level Co-occurrence Matrix (GLCM)ได้แสดงให้เห็นค่าความถูกต้องโดยรวมที่ค่อนข้างต่ำ ควรจะต้องมีวิธีการใหม่ๆ เช่น การปรับปรุงผลหลังการจำแนก การใช้ภาพถ่ายดาวเทียมชนิดอื่น เพื่อที่จะนำมาเป็นวิธีการจำแนกพรรณไม้ป่าชายเลนเขตร้อนให้ได้ผลลัพธ์ที่ดียิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

วิโรจน์ ธีรธนาธร. (2543).**คู่มือศึกษาระบบนิเวศป่าชายเลน อ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช**. กรุงเทพฯ.ส่วนวิจัยเศรษฐกิจและพัฒนาการจัดการป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้กรมป่าไม้.

วีรพงศ์ เกิดสิน. (2556). **การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบและการจำแนกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนด้วยเทคนิคการสำรวจระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัล**. กรุงเทพฯ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักอนุรักษ์ป่าชายเลน. (2552).**พันธุ์ไม้ป่าชายเลนในประเทศไทย**.กรุงเทพฯ.โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

Jongschaap. (2006).R. Run-time Calibration of Simulation Models by Integrating Remote Sensing Estimates of Leaf Area Index and Canopy Nitrogen. **EUROPEAN Journal of Agronomy,24**, 316–324.

Wang, L., Sousa, W. P., Gong, P. and Biging, G. S. (2004). Comparison of IKONOS and QuickBird Images for Mapping Mangrove Species on the Caribbean Coast of Panama. **Remote Sensing of Environment,91**, 432–440.

การเปรียบเทียบโครงข่ายเส้นทางไหลของน้ำจากข้อมูล แบบจำลองระดับสูงเชิงเลขที่มีรายละเอียดต่างกัน

Comparisons of Drainage Network Delineation from Different Thresholdsof Digital Elevation Models

ชิงชัย หุมห้อง[12] ชฎา ณรงค์ฤทธิ์[12] ศักดิ์ดา หอมหวล[3]
Chingchai Humhong Chada Narongrit and Sakda Homhuan
[1]สถานภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ ภาคเหนือตอนล่าง มหาวิทยาลัยนเรศวร
[2]คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
[3]คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
Corresponding author: chada@nu.ac.th, chingchaih@nu.ac.th

บทคัดย่อ

จากเหตุการณ์อุทกภัยครั้งใหญ่ในปี 2554 ทำให้เกิดความต้องการใช้ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่มีรายละเอียดสูงเพิ่มขึ้นเพื่อวิเคราะห์การไหลบ่าของน้ำตามสภาพพื้นผิวภูมิประเทศ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าจำนวนจุดภาพเก็บกักน้ำขั้นต่ำที่เหมาะสม(Threshold) ในการสร้างเส้นทางไหลของน้ำจากข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ที่ต่างกัน2ระดับ คือ 5และ 30 เมตรซึ่งได้มาจาก 4 แหล่ง ได้แก่ MOAC DEM, SRTM DEM, AW3D30 และ ASTER GDEMโดยเลือกพื้นที่ตำบลวังบาลและตำบลบ้านเนิน อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์เป็นพื้นที่ศึกษาเนื่องจากมีลักษณะภูมิประเทศหลายรูปแบบ การวิเคราะห์เส้นทางไหลของน้ำเลือกใช้โมดูล *r.watershed* ในโปรแกรม GRASS GIS ที่เป็นซอฟต์แวร์รหัสเปิดเส้นทางน้ำที่ได้จากการวิเคราะห์ถูกนำมาประเมินความถูกต้องกับเส้นทางไหลของน้ำที่ได้จากการดิจิไทซ์จากกรมแผนที่ทหารและข้อมูลภาพจากดาวเทียมไทยโชต ด้วยใช้วิธี Streamline Matching Rate(SMR)ผลการศึกษาพบว่าการกำหนดค่าThreshold ที่ระดับต่างกันมีผลต่อทั้งจำนวนของเส้นทางการไหลของน้ำและความถูกต้องเชิงพื้นที่ของเส้นทางการไหลของน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้ค่า Thresholdต่ำจะได้ค่าความถูกต้องสูงขึ้นของ DEMทุกรายละเอียด ข้อมูลDEMรายละเอียด 5 เมตรให้ความถูกต้องเชิงพื้นที่สูงกว่า DEMขนาดอื่นๆโดยThresholdที่ดีที่สุดของข้อมูลรายละเอียด 5 เมตร คือ 10จุดภาพและ Thresholdที่ดีที่สุดของข้อมูลรายละเอียด 30 เมตร คือ 5 จุดภาพ

คำสำคัญ: แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข, เส้นทางไหลของน้ำ, r.watershed,GRASS GIS, ซอฟท์แวร์รหัสเปิด, Streamline Matching Rate (SMR)

ABSTRACT

Since the Enormous Flood hit Thailand in 2011, Higher-resolution Digital Elevation Model (DEM) is needed to delineate hydrological features that play an important role in surface runoff. This study aimed to find an appropriate Threshold to delineate stream network from two resolutions of DEM: 5 and 30meters. Five meter DEM obtained from Ministry of Agriculture and Cooperation, Thailand (MOAC), 30 meter DEM obtained from SRTM DEM, AW3D30 and ASTER GDEM.The testing areas were 2 sub-districts in Lom Kao district, Phetchabun province, which have various morphologic units. The stream network was extracted by using the module of *r.watershed* in GRASS GIS open-source software before comparing with digitizing stream layer from the Royal Thai Survey Department and Thaichote satellite images for spatial accuracy assessment by using the Streamline Matching

Rate (SMR) method. The results showed that various Threshold values affected the quantity and spatial accuracy of extracted stream network. The higher Threshold values resulted in fewer numbers of streams and lower accuracy for all DEM resolutions. The best result was obtained from 5 meter DEM with 10 threshold value, and the second best was 30 meter DEM with 5 threshold value.

KEY WORDS: Digital Elevation Model (DEM), Stream Network, r.watershed, GRASS GIS, Open Source Software, Streamline Matching Rate (SMR)

1. บทนำ

ข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) เป็นข้อมูลระดับความสูงที่ได้จากการรวบรวมด้วยวิธีการการสำรวจจากระยะไกล และจากกระบวนการทางโฟโตแกรมเมตรี หรือการแปลงข้อมูลเส้นชั้นความสูง จุดความสูง ให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลราสเตอร์ด้วยวิธีการวิเคราะห์พื้นผิว (Surface analysis) ทำให้สามารถแสดงระดับความสูงของภูมิประเทศเป็นพื้นผิวที่ต่อเนื่อง (Seyed Reza Hosseinzadeh, 2011) ข้อมูล DEM ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย และมีบทบาทสำคัญในการวิเคราะห์แบบจำลองอุทกวิทยา แบบจำลองทางด้านสิ่งแวดล้อมเชิงพื้นที่ตลอดจนให้การสนับสนุนที่หลากหลายของการวิเคราะห์ระบบนิเวศอุทกวิทยา (Hydro-ecological) และการวิเคราะห์ทางด้านลักษณะภูมิประเทศ (Hutchinson et al., 2011) ปัจจุบันหลายๆหน่วยงานในประเทศไทยได้มีการจัดทำข้อมูลเส้นทางไหลของน้ำทั้งในรูปแบบเวกเตอร์ทั้งแบบเส้นและโพลิกอน แต่อย่างไรก็ตามในการใช้ข้อมูลที่จัดทำขึ้นนี้ พบว่า ยังมีความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งและความไม่ครบถ้วนของข้อมูล ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่า Threshold ที่เหมาะสมในการสร้างเส้นลำน้ำจากข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ที่ต่างกัน โดยในปัจจุบันได้มีการพัฒนาอัลกอริทึมในหลายซอฟท์แวร์ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ทั้งในทางการศึกษาและพัฒนาฐานข้อมูลด้านเส้นลำน้ำ เช่น โปรแกรม GRASS GIS มีเครื่องมือทางด้านแบบจำลองอุทกวิทยา (Hydrologic modeling) ที่เป็นซอฟต์แวร์รหัสเปิด(Free and Open Source Software for Geospatial: FOSS4G) ผู้วิจัยจึงได้นำมาใช้ในการวิเคราะห์เส้นทางไหลของน้ำโดยเลือกใช้โมดูล *r.watershed*และโมดูล *r.stream.order* ซึ่งทั้ง 2 โมดูลได้ออกแบบและพัฒนาเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลที่สำหรับทำแผนที่เส้นทางน้ำและแผนที่ลุ่มน้ำจากข้อมูล DEM ที่มีขนาดใหญ่ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ (Metz, M. et al., 2011) ดังนั้นบทความนี้จึงวิเคราะห์เส้นทางไหลของน้ำจากข้อมูล DEM รายละเอียดเชิงพื้นที่ที่ต่างกัน 2 ระดับ คือ 5และ 30 เมตร และจากข้อมูล DEM ทั้งหมด 4 แหล่ง ได้แก่ MOAC DEM, SRTM DEM, AW3D30 และ ASTER GDEM โดยการกำหนดค่า Thresholds ที่ต่างกัน และทำการเปรียบเทียบความถูกต้องของการวิเคราะห์ข้อมูลเส้นทางไหลของน้ำด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคStream Matching Rate (SMR) เพื่อจะได้เป็นข้อเสนอแนะเชิงเทคนิคสำหรับนำไปใช้ในการปรับปรุงหรือจัดทำฐานข้อมูลเส้นทางไหลของน้ำให้มีความถูกต้องและครบถ้วนต่อไป

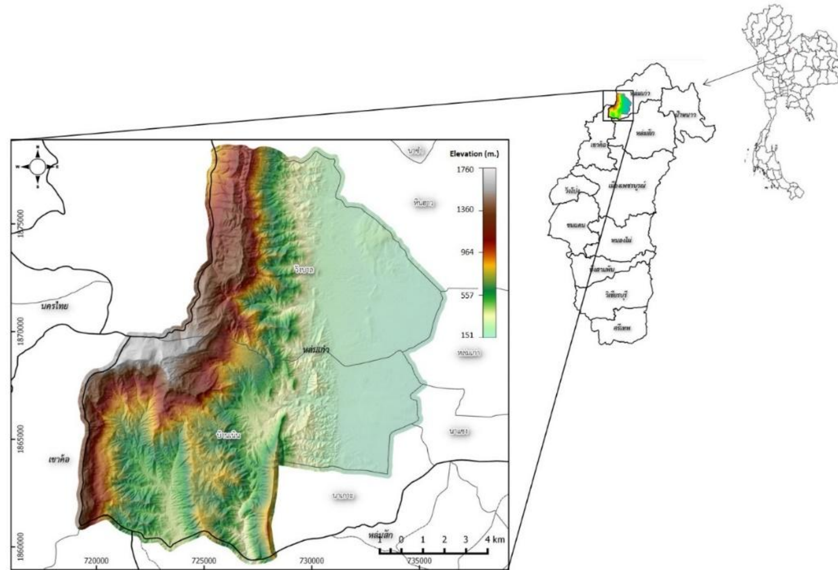
2. วัตถุประสงค์

เพื่อหาค่าจำนวนจุดภาพเก็บกักน้ำขั้นต่ำที่เหมาะสมในการสร้างเส้นลำน้ำจากข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ที่ต่างกัน

3. วิธีการวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกตำบลวังบาลและตำบลบ้านเนิน อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ เป็นพื้นที่ศึกษาซึ่งมีตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ 47Q 719010 m. E 1859192 m. N ถึง736274m. E1878685.72m. N มีระดับความสูงภูมิประเทศตั้งแต่ 150 เมตร ถึง 1,576 เมตร ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 127,416ไร่โดยสามารถแบ่งลักษณะภูมิประเทศหรือสภาพพื้นที่ออกเป็น 4แบบ ได้แก่ แบบพื้นราบ (Flat area) มีพื้นที่ 26,188 ไร่ แบบพื้นที่ลาด (Gentle slope area)มีพื้นที่ 15,632 ไร่ แบบพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาด (Rolling area)มีพื้นที่ 25,842 ไร่ และแบบพื้นที่สูงชัน (Steep area) มีพื้นที่ 59,754 ไร่ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1พื้นที่ศึกษา

3.2 ข้อมูลที่ใช้

3.2.1. ข้อมูล DEM (Digital Elevation Model) เป็นแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขที่อยู่ในรูปแบบข้อมูลราสเตอร์ (Raster Data) ในลักษณะกริดรูปสี่เหลี่ยมที่มีขนาดเท่ากัน ซึ่งสามารถแสดงระดับความสูงต่ำของภูมิประเทศเป็นพื้นผิวที่ต่อเนื่อง การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูล DEM จาก 4 แหล่งข้อมูลดังนี้

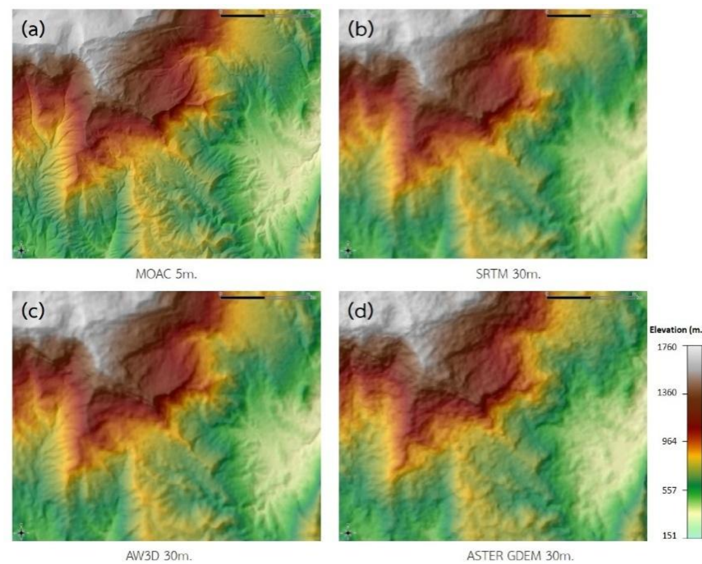
1. MOAC DEM(Ministry of Agriculture and Cooperation DEM) แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข ที่ได้จากโครงการจัดทำแผนที่เพื่อการบริหารทรัพยากรธรรมชาติและทรัพย์สินของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่มีเกณฑ์ความถูกต้องทางราบ 1 เมตร และทางดิ่ง 2 เมตร ซึ่งมีความละเอียดจุดภาพ 5 เมตร ปัจจุบันได้มอบให้กรมพัฒนาที่ดินเป็นผู้ให้บริการข้อมูล ภายใต้การกำกับดูแลของสำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ รูปที่2(a)

2. SRTM DEM (Shuttle Radar Topography Mission) เป็นโครงการร่วมมือระหว่าง NASA และNational Geospatial-Intelligence Agency (NGA) แห่งสหรัฐอเมริกา (Farr et al.,2007) ในการสำรวจและทำแผนที่ลักษณะภูมิประเทศให้ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 80% ทั่วภูมิภาคของโลกในลักษณะ 3 มิติ โดยการสำรวจจากกระสวยอวกาศSRTM DEM มีความละเอียดจุดภาพ 2 แบบคือ 1-arc second(1 พิลิปดา) และ 3-arc second (3 พิลิปดา) ซึ่งมีความละเอียดจุดภาพประมาณ 30 เมตร และ 90 เมตร สามารถดาวน์โหลดได้ผ่านอินเตอร์เน็ตได้ที่ CGIAR-CSI (http://srtm.csi.cgiar.org/) หรือ EarthExplorer (http://earthexplorer.usgs.gov/) ปัจจุบันข้อมูลอัพเกรดเป็นเวอร์ชั่นที่ 4 ในการแก้ไขและปรับปรุงคุณภาพสูงสุดของข้อมูล ดังรูปที่2(b)

3.AW3D30 (ALOS Global Digital Surface Model “ALOS World 3D - 30m”) NTT DATA และ ศูนย์เทคโนโลยีรับรู้ระยะไกล (RESTEC) ได้สร้างแบบจำลองความสูงภูมิประเทศทั่วโลก (DEM/DSM) ขึ้นจากข้อมูล PRISM (Panchromatic

Remotesensing Instrument for Stereo Mapping) ที่ได้มาโดยดาวเทียม ALOS (ALOS ชื่อเล่นว่า “Daichi”) ที่ถูกส่งขึ้นไประหว่างปี 2006-2011 ขององค์การวิจัยและพัฒนาการสำรวจอวกาศ (JAXA) โครงการนี้มีชื่อว่า " ALOS World 3D " และชุดที่สร้างขึ้นประกอบด้วยการปรับความละเอียด DSM (0.15 arc secondประมาณ 5 เมตร) และออร์โธแก้ไขภาพ (ORI) (Tadono et al., 2014) ต่อมา JAXA ได้สร้างแบบจำลองความสูงภูมิประเทศ (DSM) ที่มีความละเอียดจุดภาพที่ 30 เมตร (ประมาณ 1-arc second) แบบไม่คิดค่าใช้จ่าย โดยใช้ชื่อว่า “ALOS World 3D - 30m (AW3D30)” โดยช่วงแรกจะให้บริการในพื้นที่เอเชียตะวันออก รวมทั้งประเทศญี่ปุ่นและภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ภายในข้างหน้าจะขยายพื้นที่ไปทั่วทุกมุมโลก (ภายใน 82 องศา ของละติจูดเหลือใต้)ดังรูปที่ 2(c)ซึ่งข้อมูลสามารถดาวน์โหลดได้ที่ http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/

4. ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) GDEM (Global Digital Elevation Model) เรียกว่า ASTER GDEM เป็นโครงการร่วมมือระหว่าง NASA และ METI (Ministry of Economy, Trade, and Industry (METI) of Japan) โดยรุ่นแรกปล่อยออกมาในเดือนมิถุนายน ปี 2009 ถูกสร้างขึ้นโดยใช้ภาพคู่แบบสเตอริโอที่เก็บรวบรวมโดยอุปกรณ์ ASTER onboard Terra ซึ่งความละเอียดจุดภาพ 1-arc second(1 พิลิปดา) หรือประมาณ 30 เมตร ดังรูปที่2(d)ปัจจุบัน ASTER GDEM ได้ปรับปรุงคุณภาพข้อมูลเป็นเวอร์ชั่น 2 ในวันที่ 17 ตุลาคม 2011 (Tachikawa et al., 2011)สามารถดาวน์โหลดฟรีผ่านอินเตอร์เน็ตได้ที่ NASA Reverb (http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/), LP DAAC Global Data Explorer (http://gdex.cr.usgs.gov/gdex/) และ J-spacesystems ASTER GDEM (http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/)



รูปที่ 2ข้อมูล DEM ที่ใช้ในการวิเคราะห์ **(a)**MOAC DEM 5 เมตร
(b)SRTM DEM 30 เมตร **(c)**AW3D 30 เมตร และ **(d)**ASTER GDEM 30 เมตร

3.2.2 แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1: 50,000(Topographic Map) แผนที่ชุด L7018 จากกรมแผนที่ทหาร ได้แก่ ระวาง 5242 IV อำเภอหล่มเก่า

3.2.3 ข้อมูลดาวเทียมไทยโชตผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลภาพจากดาวเทียมไทยโชตแบบ Pan-Sharpened ที่ให้รายละเอียดภาพ 2 เมตร ซึ่งมีขนาดภาพ 22 x 22 ตารางกิโลเมตร โดยสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน): สทอภ. หรือ GISTDA ได้มีการพัฒนาระบบบริการดาวน์โหลดภาพดาวเทียมไทยโชต ผ่าน GISTDA TERMINAL ที่ http://terminal.gistda.or.thโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายใดๆ ภายใต้เงื่อนไขก็คือ ห้ามนำไปจำหน่าย หรือ ใช้งานในเชิงพาณิชย์

3.3 เครื่องมือและวิธีการศึกษา

นำข้อมูลที่รวบรวมได้มากำหนดและแปลงระบบพิกัดให้อยู่ในระบบพิกัดเดียวกัน คือระบบพิกัดอ้างอิงแบบ WGS84 / UTM zone 47 N (EPSG:32647) ด้วยโปรแกรม QGIS ทำการเลือกใช้ข้อมูล DEM รายละเอียดเชิงพื้นที่ที่ต่างกัน 2ระดับ คือ 5และ 30 เมตรจาก DEM ทั้งหมด 4 แหล่ง ได้แก่ MOAC DEM, SRTM DEM, AW3D30 และ ASTER GDEMทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการปรับขนาดรายละเอียดเชิงพื้นที่ของข้อมูล MOAC DEM เป็น 30 เมตร เพิ่มเติมเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูล SRTM DEM, AW3D30 และ ASTER GDEMที่มีรายละเอียด 30 เมตรเช่นกัน โดยใช้โมดูล *r.resample* ด้วยวิธีการ Nearest neighbor

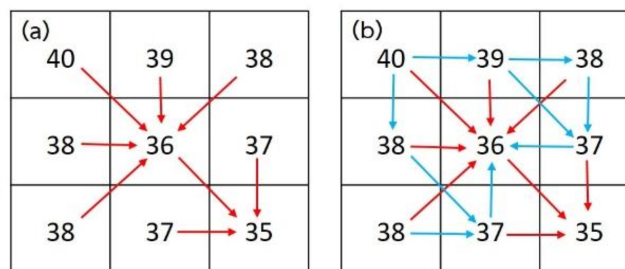
3.3.1 การอัพเดพข้อมูลเส้นทางน้ำจากกรมแผนที่ทหารและข้อมูลภาพจากดาวเทียมไทยโชต

ดำเนินการดิจิไทซ์เส้นทางน้ำเพิ่มเติมจากกรมแผนที่ทหารและข้อมูลภาพจากดาวเทียมไทยโชตแบบ Pan-Sharpened ทั้งหมด 2 ซีน(Scene) ในปีพ.ศ. 2554 และ 2556ที่ให้รายละเอียดภาพ 2 เมตร ร่วมกับข้อมูลเส้นชั้นความสูง โดยใช้โปรแกรม QGIS เพื่อให้ได้เส้นทางน้ำที่เพิ่มมากขึ้นและนำมาเป็นเส้นทางน้ำอ้างอิง (Referenced stream line) ในการตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์ข้อมูลเส้นทางไหลของน้ำจากข้อมูล DEM ในแต่ละแบบ

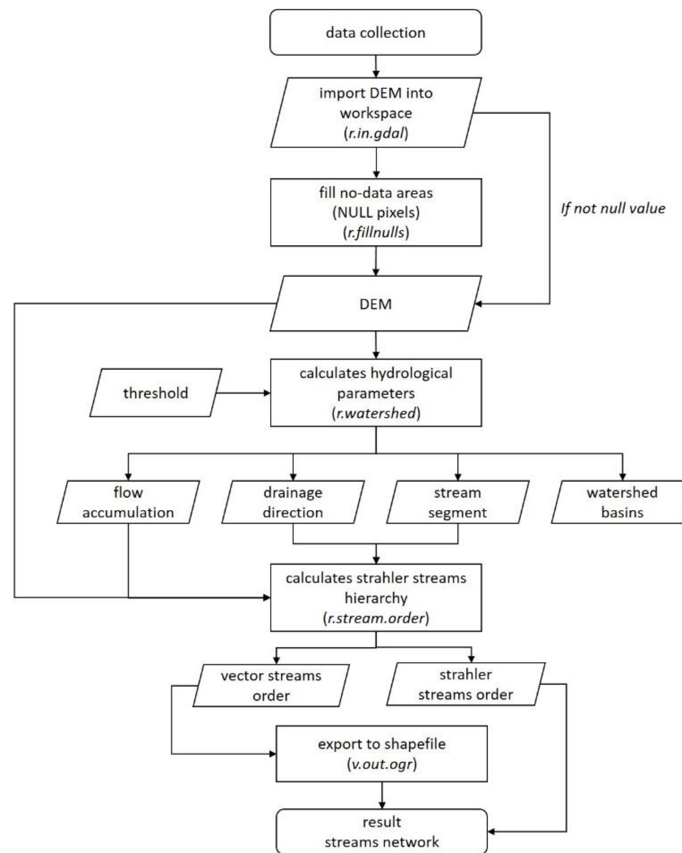
3.3.2 กระบวนการวิเคราะห์เส้นทางไหลของน้ำ

นำเข้าข้อมูล DEM ที่อยู่ในรูปแบบ GeoTiff ใส่ใน Workspace ที่สร้างขึ้นของ GRASSGIS ด้วยโมดูล *r.in.gdal* จากนั้นทำการถมพื้นที่ที่ไม่มีข้อมูลด้วยโมดูล*r.fillnulls*โดยใช้วิธีการประมาณค่าเชิงพื้นที่แบบRegularized Spline with Tension (RST) ซึ่งเป็นค่าเริ่มต้นของโปรแกรม (Mitasova H., and Mitas L., 1993)เพื่อให้การไหลของน้ำเป็นไปอย่างต่อเนื่อง

วิเคราะห์หาเส้นทางไหลของน้ำโดยใช้โมดูล *r.watershed*เลือกใช้วิธีการแบบ Multiple Flow Direction(MFD) ซึ่ง *r.watershed* จะมี 2 วิธีในการคำนวณการไหลของพื้นผิว ได้แก่ Single Flow Direction (SFD, D8)ซึ่งเป็นการหาทิศทางการไหลของน้ำจากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่งโดยรอบ 8 ทิศทาง (D8 Algorithm) โดยแต่ละจุดภาพจะทำการเชื่อมต่อกับอีกจุดภาพเป็นตำแหน่งใกล้เคียงที่ต่ำสุด (อิศเรศ กะการดี และเอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย, 2555) ส่วนMultiple Flow Direction (MFD) วิธีการแบบMFDจะคล้ายๆกันกับวิธีการแบบ SFD ดังกล่าวข้างต้น การไหลของเส้นทางน้ำมีการกระจายไปยังจุดภาพที่อยู่ใกล้เคียงทั้งหมดที่มีระดับความสูงที่ต่ำกว่า และการใช้ความลาดชันที่มีผลต่อจุดภาพข้างเคียงมาเป็นปัจจัยในการให้น้ำหนักสำหรับการกระจายทั้งพื้นที่(Holmgren P., 1994) ดังรูปที่ 3.จากนั้นผู้วิจัยกำหนดค่าThresholds (T_S) ตั้งแต่ T_S= 1,5,10,15,30,45,60,75,90,125,150,250,500,1,000,5,000 และ 10,000 ตามลำดับ ซึ่งค่า Thresholdsเป็นการกำหนดจำนวนจุดภาพ (Pixel number) ที่กักเก็บน้ำขั้นต่ำ ตัวอย่างเช่น ข้อมูล DEM มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ 30 เมตร แต่ละจุดภาพจะมีพื้นที่เท่ากับ 900 ตารางเมตร ถ้ากำหนดค่า Thresholdเท่ากับ 1,000 (T_S= 1,000) จะทำให้ได้พื้นที่ลุ่มน้ำอย่างน้อย 900,000 ตารางเมตร GRASS-Wiki (2015) ซึ่งกระบวนการวิเคราะห์ทั้งหมด ดังรูปที่ 4

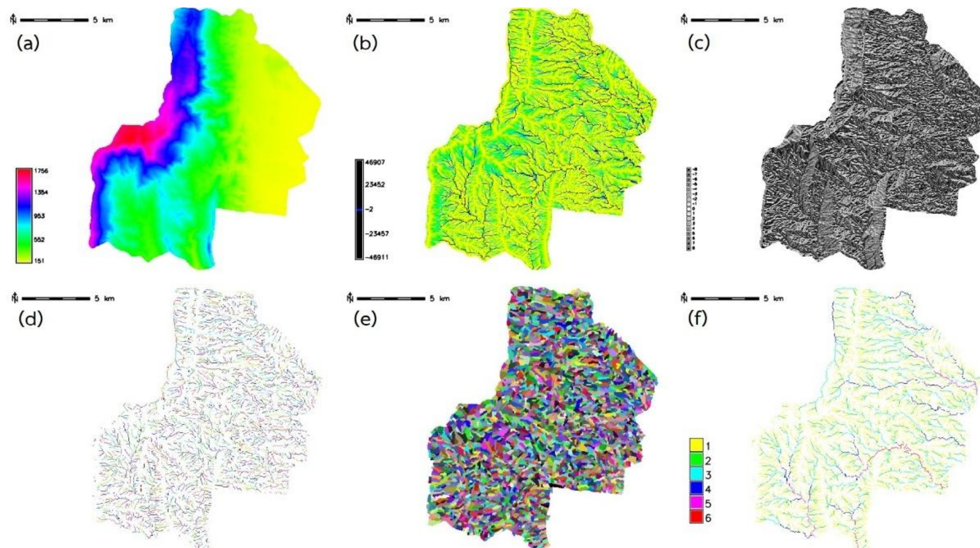


รูปที่ 3วิธีในการคำนวณการไหลของพื้นผิว **(a)**Single Flow Direction และ **(b)**Multiple Flow Direction



รูปที่ 4กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเส้นทางไหลของน้ำ

ทำการวิเคราะห์ลำดับชั้นของเส้นทางน้ำโดยใช้โมดูล *r.stream.order*ใช้วิธีการแบบ Strahlerเป็นการจำแนกทางน้ำออกเป็นลำดับชั้น ซึ่งดัดแปลงมาจากการวิเคราะห์ลำดับน้ำของ Horton เพื่อแก้ไขความคลุมเครือของการแบ่งลำดับน้ำ โดยวิธีการของ Strahler จะกำหนดลำน้ำสายเล็กที่ไหลมาจากสันปันน้ำเป็นลำดับที่ 1 (First order stream)ถ้าลำน้ำที่ 1 ไหลมารวมกันสองสายจะเกิดเป็นลำน้ำที่ 2 และถ้าลำน้ำที่ 2 สองสายไหลมารวมกันก็จะเกิดเป็นลำน้ำที่ 3 กล่าวได้คือถ้าลำน้ำลำดับเดียวกันไหลมารวมกันจะเกิดเป็นลำน้ำในลำดับสูงกว่า (Jarek Jasiewicz and Markus Metz, 2013)ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จาก *r.watershed*และ *r.stream.order*จะมีข้อมูลการไหลสะสม (Flow accumulation) ข้อมูลทิศทางการระบายน้ำ(Drainage direction) ข้อมูลเส้นทางน้ำ (Stream segment) ข้อมูลลุ่มน้ำ (Watershed basin) และข้อมูลลำดับชั้นของเส้นทางน้ำ (Strahler stream order) ดังรูปที่ 5และแปลงข้อมูลเส้นทางน้ำให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลเวกตอร์สำหรับในการวิเคราะห์ต่อไป



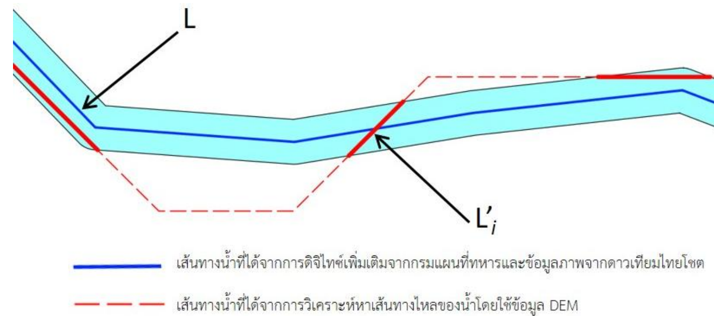
รูปที่ 5ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์เส้นทางไหลของน้ำโดยใช้โมดูล *r.watershed* และ *r.stream.order*
(a)ข้อมูล DEM **(b)**ข้อมูลการไหลสะสม (Flow accumulation) **(c)**ข้อมูลทิศทางการระบายน้ำ (Drainage direction)
(d)ข้อมูลเส้นทางน้ำ (Streams segment) **(e)**ข้อมูลลุ่มน้ำ (Watershed basin) และ
(f)ข้อมูลลำดับชั้นของเส้นทางน้ำ (Strahler streams order)

3.3.3 การเปรียบเทียบความถูกต้อง

การพิจารณาความถูกต้องคำนวณจากวิธี Streamline Matching Rate (SMR) ซึ่งวิธีนี้เป็นการพิจารณาหาความคล้ายคลึงของเส้นทางไหลของน้ำที่พิจารณาถึงอัตราความยาวของเส้นทางน้ำที่ได้จากการวิเคราะห์และเส้นทางน้ำอ้างอิง แสดงดังภาพ 6 การศึกษานี้ใช้รัศมี 5 เมตร สำหรับข้อมูล DEM ขนาด 5 เมตร และใช้รัศมี 30 เมตรสำหรับข้อมูล DEM ขนาด 30 เมตร (ซึ่งยึดจากขนาดของข้อมูล) เพื่อหาความยาวของเส้นลำน้ำที่ใกล้เคียงกับเส้นลำน้ำอ้างอิง ความถูกต้องที่ได้มีหน่วยวัดเป็นเปอร์เซนต์ซึ่ง SMR แสดงดังสมการด้านล่าง (Zhou and Chen, 2011)

$$\text{SMR} = \frac{L'}{L} \times 100 \qquad (1)$$

เมื่อ*L'*คือความยาวของเส้นทางน้ำจากการวิเคราะห์ข้อมูล DEM ที่ตกอยู่ในที่อยู่ในขอบเขตพื้นที่แนวกันชน (Buffer) จากเส้นลำน้ำอ้างอิง และ *L* คือ ความยาวทั้งหมดของเส้นทางน้ำที่ใช้อ้างอิง (Referenced stream line)ซึ่งได้จากการดิจิไทซ์เส้นทางน้ำเพิ่มเติมจากกรมแผนที่ทหารและข้อมูลภาพจากดาวเทียมไทยโชต ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 Streamline Matching Rate (SMR)
เส้นทางน้ำสีน้ำเงินได้จากการดิจิไทซ์เพิ่มเติมจากกรมแผนที่ทหารและข้อมูลภาพจากดาวเทียมไทยโชต
และเส้นทางน้ำที่เป็นเส้นประสีแดงได้จากการวิเคราะห์หาเส้นทางไหลของน้ำโดยใช้ข้อมูล DEM

4. ผลการวิจัย

จากกระบวนวิเคราะห์เส้นทางไหลของน้ำจากข้อมูล DEM ผลการศึกษาสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้
4.1. ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการวิเคราะห์ข้อมูลเส้นทางไหลของน้ำด้วย SMR

ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการวิเคราะห์ข้อมูลเส้นทางไหลของน้ำจากข้อมูล DEM รายละเอียดเชิงพื้นที่ที่ต่างกัน 2 ระดับ คือ 5และ 30 เมตรจากข้อมูลDEM ทั้งหมด 4 แหล่ง ได้แก่ MOAC DEM, SRTM DEM, AW3D30 และ ASTER GDEM โดยการกำหนดค่า Thresholds (T_S) ตั้งแต่1,5,10, 15,30,45,60,75,90,125,150,250,500,1,000,5,000 และ 10,000 ตามลำดับ

ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ข้อมูล MOAC DEM5 เมตร เมื่อกำหนดค่า Thresholds ที่10 ผลของเส้นทางน้ำที่ได้มีความถูกต้องมากที่สุด (94.04%) และหากกำหนด Thresholdsในช่วง 1 – 1,000 ผลของเส้นทางน้ำที่ได้มีความถูกต้องมากกว่าร้อยละ 50 สำหรับ DEM รายละเอียด30 เมตร เมื่อกำหนด Thresholdsที่ 5 พบว่า MOAC DEM จะให้ค่าความถูกต้องมากที่สุดที่ร้อยละ 92.59รองลงมา SRTM DEM, AW3D30 และ ASTER GDEM โดยค่าความถูกต้องที่ร้อยละ 77.33, 76.77 และ 58.30 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 1ผลจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าค่าThresholds น้อยจะมีค่าความถูกต้องของเส้นทางสูงจาก DEM ทุกๆ ขนาด

ตารางที่ 1แสดงผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการวิเคราะห์ข้อมูลเส้นทางไหลของน้ำจากข้อมูล DEM รายละเอียด 5 เมตร ด้วย SMR (หน่วย: %SMR)

Thresholds	5 Meters	30 Meters			
	MOAC DEM	MOAC DEM*	SRTM DEM	AW3D30	ASTER GDEM
0	-	-	-	-	-
1	77.85	67.42	49.41	53.92	48.09
5	90.42	92.59	77.33	76.77	58.30
10	94.04	90.45	72.43	71.23	52.55
15	89.28	89.84	68.53	67.69	48.73
30	80.27	87.26	59.73	59.00	41.30
45	77.04	80.24	54.06	53.52	37.53
60	75.38	74.41	49.79	48.55	34.26
75	74.36	69.60	46.51	45.35	31.89
90	73.91	65.70	43.95	42.88	30.18
125	72.94	58.90	39.12	37.93	26.69
150	72.38	55.65	36.87	35.88	24.79
250	71.26	47.10	29.92	29.62	19.94
500	69.02	35.75	22.30	22.02	15.16

Thresholds	5 Meters	30 Meters			
	MOAC DEM	MOAC DEM*	SRTM DEM	AW3D30	ASTER GDEM
1000	63.71	27.31	16.52	16.12	11.12
5000	41.77	11.05	5.82	6.17	3.72
10000	33.66	5.62	2.55	2.99	-

* ปรับขนาดรายละเอียดเชิงพื้นที่ของข้อมูล MOAC DEM 5 เมตร เป็น 30 เมตร

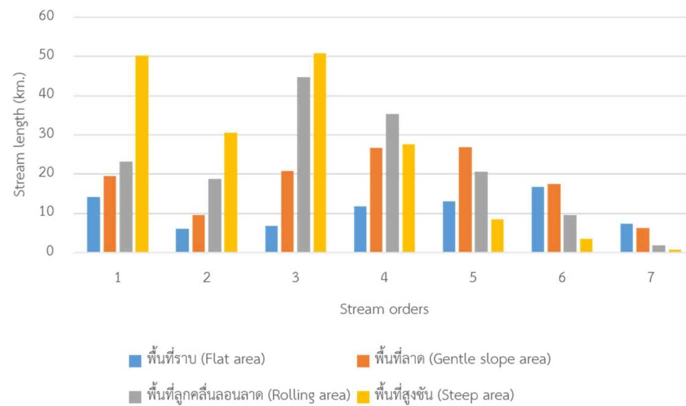
4.2. ผลการเปรียบเทียบข้อมูลเส้นทางไหลของน้ำจำแนกตามลักษณะภูมิประเทศ

ผู้วิจัยได้จำแนกลักษณะภูมิประเทศ (Landform) เป็น 4แบบ ได้แก่ พื้นที่ราบ (Flat area),พื้นที่ลาด (Gentle slope area),พื้นที่ลูกคลื่นลอนลาด (Rolling area) และพื้นที่สูงชัน (Steep area)โดยใช้ข้อมูล DEM ในจำแนกลักษณะภูมิประเทศหรือสภาพพื้นที่จากความลาดชัน(Slope) ดังตารางที่ 3 (ชฎา ณรงค์ฤทธิ์, 2548) ซึ่งได้นำข้อมูลเส้นทางไหลของน้ำที่ได้จากการวิเคราะห์ที่ระดับค่า Thresholds ที่ 10 ของข้อมูล MOAC DEM รายละเอียด 5 เมตร และข้อมูลเส้นทางไหลของน้ำที่ได้จากการวิเคราะห์ที่ระดับค่า Thresholds ที่ 5 ของข้อมูล DEMทั้ง 4 แหล่ง รายละเอียด 30 เมตรเพราะมีความถูกต้องมากที่สุด มาจำแนกตามลักษณะภูมิประเทศแม้ว่าMOAC DEM รายละเอียด 5 เมตรให้ความถูกต้องมากที่สุด (94.04%) แต่เนื่องจากไม่มีข้อมูล DEM อื่นเปรียบเทียบ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงทำการเปรียบเทียบที่ระดับ 30 เมตร

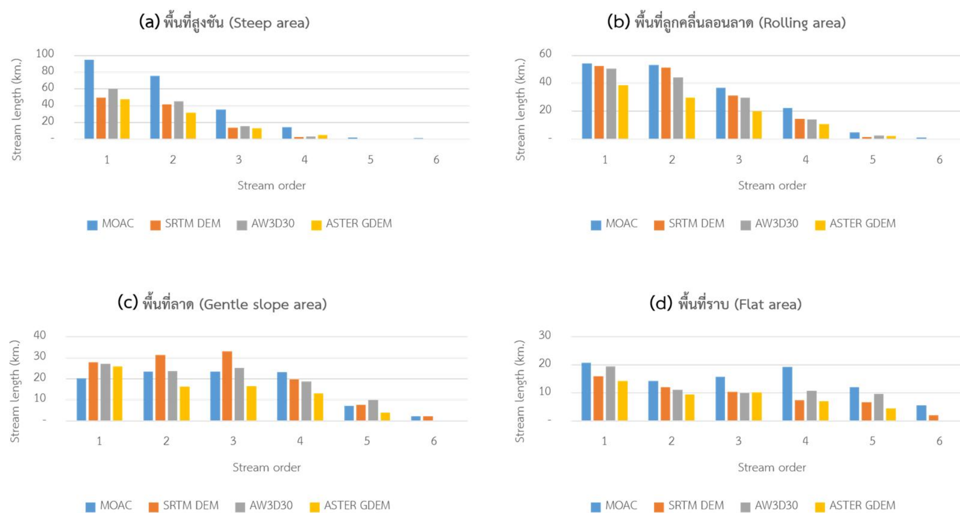
ตารางที่ 3เกณฑ์การจำแนกลักษณะภูมิประเทศหรือสภาพพื้นที่จากความลาดชัน

Landform	Slope (%)
พื้นที่ราบ (Flat area)	0 - 5
พื้นที่ลาด (Gentle slope area)	5 - 15
พื้นที่ลูกคลื่นลอนลาด (Rolling area)	15 - 30
พื้นที่สูงชัน (Steep area)	> 30

ผลการศึกษาพบว่าความยาวของเส้นทางน้ำที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล MOAC DEM 5 เมตร ด้วย SMR เมื่อจำแนกตามลักษณะภูมิประเทศจะเห็นว่าเส้นทางน้ำในลำดับชั้นที่ 1– 3 จะได้เส้นทางน้ำในลักษณะภูมิประเทศพื้นที่สูงชัน (Steep area) มากที่สุด เส้นทางน้ำในลำดับชั้นที่ 4 จะได้เส้นทางน้ำในลักษณะภูมิประเทศพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาด (Rolling area) มากที่สุด เส้นทางน้ำในลำดับชั้นที่ 5 และ 6 จะได้เส้นทางน้ำในลักษณะภูมิประเทศพื้นที่ลาด (Gentle slope area) มากที่สุดและเส้นทางน้ำในลำดับชั้นที่ 7 จะได้เส้นทางน้ำในลักษณะภูมิประเทศพื้นราบ (Flat area)มากที่สุดตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 7
จากการวิเคราะห์ความยาวของเส้นทางน้ำในแต่ละลำดับชั้นข้อมูล DEM ทั้งหมด 4 แหล่งรายละเอียด 30 เมตร ด้วย SMR เมื่อจำแนกตามลักษณะภูมิประเทศทั้ง 4 แบบจะเห็นว่าในลักษณะภูมิประเทศพื้นที่สูงชัน (Steep area) รูปที่ 8(a)MOAC DEM จะได้เส้นทางน้ำมากที่สุดในทุกลำดับชั้น รองลงมาจะเป็นAW3D30, SRTM DEM และ ASTER GDEM ลักษณะภูมิประเทศพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาด (Rolling area) รูปที่ 8(b) MOAC DEM จะได้เส้นทางน้ำมากที่สุดในทุกลำดับชั้น รองลงมาจะเป็น SRTM DEM, AW3D30 และ ASTER GDEMลักษณะภูมิประเทศพื้นที่ลาด (Gentle slope area)รูปที่ 8(c) SRTM DEM จะได้เส้นทางน้ำมากที่สุด ในลำดับชั้นที่ 1 – 3ในลำดับชั้นที่ 4 ข้อมูล MOAC DEMจะได้เส้นทางน้ำมากที่สุดในลำดับชั้นที่ 5 ข้อมูล AW3D30 จะได้เส้นทางน้ำมากที่สุดและในลำดับชั้นที่ 6 ข้อมูล MOAC DEM และ SRTM DEM จะได้เส้นทางน้ำมากที่สุด ตามลำดับ และในลักษณะภูมิประเทศพื้นราบ (Flat area)รูปที่ 8(d) ข้อมูลMOAC DEM จะได้เส้นทางน้ำมากที่สุดในทุกลำดับชั้น เมื่อพิจารณาเส้นทางน้ำในลำดับชั้นที่ 5 และ 6 ในลักษณะภูมิประเทศพื้นที่ลาด (Gentle slope area) และพื้นที่ราบ (Flat area) จะให้เส้นทางน้ำได้มากกว่าลักษณะภูมิประเทศพื้นที่สูงชัน (Steep area) และพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาด (Rolling area)



รูปที่ 7ความยาวของเส้นทางไหลของน้ำในแต่ละลำดับชั้นจาก MOAC DEMรายละเอียด 5เมตร โดยจำแนกตามลักษณะภูมิประเทศทั้ง 4 แบบ



รูปที่ 8ความยาวของเส้นทางไหลของน้ำในแต่ละลำดับชั้นจาก DEMทั้ง 4 แหล่ง รายละเอียด30 เมตร โดยจำแนกตามลักษณะภูมิประเทศ (a) พื้นที่สูงชัน (Steep area), (b) พื้นที่ลูกคลื่นลอนลาด (Rolling area), (c) พื้นที่ลาด (Gentle slope area)และ (d) พื้นที่ราบ (Flat area)

5. วิจารณ์ผลและสรุปผล

จากผลการศึกษาการวิเคราะห์เส้นทางไหลของน้ำจากข้อมูล DEMซึ่งผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการวิเคราะห์ข้อมูลเส้นทางไหลของน้ำด้วย SMR โดยการกำหนดค่า Thresholds (T_S) ตั้งแต่ 1, 5, 10, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 125, 150, 250, 500, 1,000, 5,000 และ 10,000 ซึ่งผลการศึกษาพบว่าค่า Threshold ที่ระดับ10ของ MOAC DEM 5 เมตร จะให้ความถูกต้องสูงถึงร้อยละ94.04และค่า Threshold ตั้งแต่ช่วง 5 – 30 จะให้ค่าความถูกต้องร้อยละ 80 ขึ้นไป ซึ่งแสดงให้เห็นว่าถ้าต้องการความถูกต้องประมาณร้อยละ 80 สามารถใช้ค่า Thresholdsเท่าไหร่ก็ได้ที่อยู่ในช่วง T_S = 5 – 30 เมื่อพิจารณาข้อมูล DEMรายละเอียด 30 เมตร ในระดับค่า Thresholdที่ 5 พบว่า MOAC DEM จะให้ค่าความถูกต้องมากที่สุดที่ร้อยละ 92.59รองลงมา SRTM DEMมีค่าความถูกต้องร้อยละ 77.33, AW3D30มีค่าความถูกต้องร้อยละ 76.77และ ASTER GDEM มีค่าความถูกต้องร้อยละ58.30เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาที่มีมาก่อนพบว่าค่าThresholdที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์เส้นทางไหลของน้ำ จากข้อมูล DEM (กริดขนาด 40 m) ได้ผลสรุปออกมาว่าถ้าค่า Thresholdเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จะ

ทำให้จำนวนเส้นทางไหลของน้ำจะค่อยๆ ลดลงเรื่อยๆ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ W.-T.Linet al.(2005) แต่ที่พบได้ในการศึกษาครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าเส้นทางน้ำที่ได้จากข้อมูล MOAC DEM รายละเอียด 5 เมตร ดีที่สุด ระดับ Threshold เท่ากับ10 แต่ถ้าไม่มีข้อมูล MOAC DEM รายละเอียด 5 เมตร ก็สามารถใช้ข้อมูลรายละเอียด 30 เมตรของ SRTM DEM หรือ AW3D30 ในระดับ Thresholdเท่ากับ5 แต่ถ้าปรับขนาดรายละเอียดเชิงพื้นที่ของข้อมูล MOAC DEM 5 เมตร เป็น 30 เมตร จะให้ผลดีกว่าSRTM DEM, AW3D30และ ASTER GDEMจากการกำหนดค่า Thresholds ตั้งแต่ 1 - 10,000 ดังกล่าวข้างต้นของข้อมูลDEM รายละเอียด 5 เมตร พบว่าผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการวิเคราะห์ข้อมูลเส้นทางไหลของน้ำด้วย SMRจะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดจนถึงจุดสูงสุดที่ระดับ Threshold ที่ 10และค่าความถูกต้องจะค่อยๆลดต่ำลงเมื่อค่า Threshold เพิ่มขึ้นตามลำดับ เช่นเดียวกันกับข้อมูล DEM รายละเอียด 30 เมตรผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการวิเคราะห์ข้อมูลเส้นทางไหลของน้ำด้วย SMRพบว่าค่าความถูกต้องจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆอย่างเห็นได้ชัดจนถึงจุดสูงสุดที่ระดับ Threshold ที่ 5และค่าความถูกต้องจะค่อยๆ ลดน้อยถอยลงตามลำดับ เมื่อค่า Threshold เพิ่มขึ้น

6. ข้อเสนอแนะ

1.การศึกษาครั้งต่อไปควรนำเอาเทคนิค Stream burning algorithmร่วมกับANUDEM algorithm เพื่อปรับค่าระดับความสูงของข้อมูล DEM ซึ่งอาจจะช่วยเพิ่ม/ปรับปรุงความถูกต้องของการใช้ข้อมูล DEM

2. การวิเคราะห์เส้นทางไหลของน้ำข้อมูล DEM เป็นปัจจัยที่สำคัญ โดยเมื่อพิจารณาร่วมกับลักษณะภูมิประเทศแบบพื้นที่ราบ ข้อมูล DEM ที่จะใช้ในการวิเคราะห์จะต้องมีความละเอียดเชิงพื้นที่สูง เช่น ข้อมูล LIDAR และการออกภาคสนามเพื่อเก็บข้อมูลเพิ่มเติมจะทำให้การวิเคราะห์มีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ชฎา ณรงค์ฤทธิ์. (2548). **ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้านสิ่งแวดล้อม.**พิษณุโลก: ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิยาลัยนเรศวร.

อิศเรศ กะการดี และเอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย. (2555). การหาทิศทางการไหลและขอบเขตลุ่มน้ำในพื้นที่ราบลุ่มด้วยข้อมูลDEM. **การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 17**(NCCE17), WRE010-1 – WRE010-09.

Farr, T. G., P. A. Rosen, E. Caro, R. Crippen, R. Duren, S.Hensley, M. Kobrick, M. Paller, E. Rodriguez, L. Roth, D. Seal,S. Shaffer, J. Shimada, J. Umland, M. Werner, M. Oskin, D.Burbank, and D. Alsdorf, (2007).The Shuttle Radar TopographyMission. **Reviews of Geophysics, 45**(2): n.p.

GRASS-Wiki (2015).**Creating watersheds**, Retrieved January 22, 2015, from:https://grasswiki.osgeo.org/wiki/Creating_watersheds

Holmgren P. (1994). Multiple flow direction algorithms for runoff modelling in grid based elevationmodels: An empirical evaluation. **Hydrological Processes, 8**(4), 327-334.

Hutchinson, M.F., T. Xu and J.A. Stein. (2011). Recent Progress in the ANUDEMElevation GriddingProcedure. **Geomorphometry 2011**, (September), 19-22.

Jarek Jasiewicz and Markus Metz, 2013.**GRASS GIS 6.4.6svn Reference Manual**,Retrieved January 9,2015, from:https://grass.osgeo.org/grass64/manuals/addons/r.stream.order.html

Mitasova, H., and Mitas, L. (1993). Interpolation by Regularized Spline with Tension: I. Theory andImplementation. **Mathematical Geology,25**(6)**,** 641-655.

M. Metz, H. Mitasova, and R. S. Harmon. (2011). Efficient extraction of drainage networks from massive,radar-basedelevation models with least cost path search.**Hydrology and Earth System Sciences**,**15**(2), 667–678.

Seyed Reza Hosseinzadeh. (2011). Drainage Network Analysis, Comparis of DigitalElevationModel (DEM) from ASTER with HighResolutionSatellite Image and Aerial Photographs. **International Journal of Environmental Science and Development, 3**(2), 194-198.

Tachikawa, T., M. Hato, M. Kaku, and A. Iwasaki. (2011). Thecharacteristics of ASTER GDEM version 2.**IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS),**(July),3657-3660.

T. Tadono, H. Ishida, F. Oda, S. Naito, K. Minakawa, and H. Iwamoto. (2014). Precise Global DEMGeneration by ALOS PRISM. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2**(4), 71-76.

Wen-Tzu Lin, Wen-Chieh Chou, Chao-Yuan Lin, Pi-Hui Huang and Jing-Shyan Tsai. (2005). Automated suitable drainage network extraction from digital elevation models in Taiwan's upstream watersheds. **Hydrological Processes,20**(2), 289-306.

Zhou, Q.,Chen,Y.,(2011).GeneralizationofDEMforterrainanalysisusingacompound method. **ISPRSJournal of Photogrammetry and Remote Sensing,66**(1), 38–45.

การทำแบบจำลองความขุ่นของน้ำบริเวณชายฝั่งปากแม่น้ำเจ้าพระยา

Sediment Modelling on the Chao Phraya River Mouth

วัจนันท์ มัตติทานนท์ ชยทัต มงคลอดิสัย และ ศุภนิดา สิทธิเสรีประทีป

Wutjanun Muttitanon, Chayatat Mongkoladisai and Supanida Sitthiseriprathip

ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

25/25 พุทธมณฑลสาย 4 ศาลายา พุทธมณฑล นครปฐม 73170

โทรศัพท์: (662) 889-2138 ต่อ 6396-7 โทรสาร: (662)889-2138 ต่อ 6388

บทคัดย่อ

การทำแบบจำลองความขุ่นตะกอนของน้ำบริเวณชายฝั่งปากแม่น้ำเจ้าพระยาครอบคลุมจังหวัดสมุทรปราการ โดยการตรวจวัดความขุ่นของตะกอนในน้ำทะเลจากเครื่องมือวัดความขุ่นตะกอนของน้ำในหน่วย NTU (Nephelometric Turbidity Units) และประยุกต์ใช้ข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 8 ในการนำค่า Digital Number มาใช้ในการวิเคราะห์จัดทำแบบจำลองจากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบง่ายโดยอาศัยโปรแกรมทางสถิติช่วยในการจัดทำแบบจำลอง จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้สามารถนำมาทำแบบจำลองความขุ่นของตะกอนชายฝั่งบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาคือ y = 1.358x - 162.491 ซึ่งจะสามารถทราบถึงปริมาณความขุ่นตะกอนของน้ำในบริเวณบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาเมื่อต้องการศึกษาการกัดเซาะพื้นที่ชายฝั่งและตรวจสอบคุณภาพน้ำโดยเฉพาะค่าความขุ่นตะกอนเพื่อเป็นแนวทางในการป้องกันและแก้ไขปัญหาดังกล่าวต่อไป โดยแบบจำลองสามารถแสดงความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการใช้แบบจำลอง แบบจำลองนี้มีค่า R^2= 0.543 เป็นตัวบอกว่า ความแปรผันแปรของ Y มีผลมาจาก X ร้อยละ 54.3 และมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากรณ์เท่ากับ ± 30.7 เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องของเวลาในการศึกษาและเก็บข้อมูลมีจำกัดทำให้ผลที่ได้อาจมีความคลาดเคลื่อนได้

คำสำคัญ: ตะกอนชายฝั่ง แบบจำลอง การวิเคราะห์ความถดถอย การสำรวจข้อมูลจากระยะไกล

Abstract

Creating the model of turbidity of sediment in Chao Phraya River mouth that covers Samut Prakarn by measuring the turbidity of sediment in sea from Turbidity Meter in NTU (Nephelometric Turbidity Units). LANDSAT 8 Satellite image was the information for creating the model using digital number to analyze the simple linear regression. From analyzed information, we could create the model of turbidity of sediment for verifying the amount of sediment in the area that the data is y = 1.358x - 162.491. By using digital number from Satellite Image and replace the equation of this model, we can understand the amount of turbidity of sediment when you want to study the shoreline's erosion and inspect the quality of water especially the amount of turbidity of sediment in order to find the solution later. This Model will show the deviation of the usage of the model. It values at R^2= 0.543. It shows that the variation of Y is the resultant from X 54.3 % and the standard deviation from forecasting equals to ± 30.7 Because of the limited time to study and collect data, the result will be deviated

Keywords: sediment model Regression Analysis Remote Sensing

1. บทนำ

ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้ข้อมูลจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติในหลายด้านมีงานวิจัยจำนวนมากที่ใช้ข้อมูลจากดาวเทียมในการศึกษาโครงการด้านสมุทรศาสตร์และทรัพยากรชายฝั่ง เช่น การแพร่กระจายของตะกอนในทะเล คุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่ง การติดตามและประเมินพื้นที่เพาะเลี้ยงชายฝั่ง การศึกษาการแพร่กระจายของตะกอนแขวนลอยปากแม่น้ำเจ้าพระยาด้วยข้อมูลดาวเทียม THEOS เป็นต้น ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ผลข้อมูลสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการวางแผนและการตัดสินใจด้านการจัดการทรัพยากรชายฝั่งและทะเล (Coastal and Marine Resources) ทรัพยากรประมงและกิจกรรมการเดินสมุทร เช่น การประเมินสถานการณ์การกัดเซาะชายฝั่งจากปริมาณตะกอนความขุ่นที่ตรวจวัดได้ การประเมินคุณภาพน้ำทะเล ซึ่งได้รับผลกระทบจากจากการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม ก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำจากแหล่งกำเนิดในชุมชน อุตสาหกรรมและเกษตรกรรม การก่อสร้างสิ่งล่วงล้ำลงในทะเล นอกจากนี้ในเรื่องของปริมาณฝนที่มีมากเกินไปหรือน้อยเกินไป การพัดพาของกระแสน้ำและลม โดยปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทะเลและการกัดเซาะพื้นที่ชายฝั่งของประเทศไทย สาเหตุส่วนหนึ่งที่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงคือ ตะกอน (Sediment) ตะกอนชายฝั่งมีคุณค่าทางเศรษฐกิจโดยการให้ผลผลิตทางการประมงและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง เช่น กุ้งกุลาดำ กุ้งแชบ๊วย หอยแครง หอยลาย ปลาหน้าดินชนิดต่างๆ ล้วนแต่มีวงชีวิต ที่ต้องพึ่งพาดินตะกอนบริเวณชายฝั่ง แต่ผลกระทบจากตะกอนที่ทับถมพื้นท้องน้ำก็อาจจะส่งผลกระทบระยะยาวต่อสิ่งแวดล้อมทางทะเลได้ นั่นคือการสะสมของมลสารที่ปนเปื้อนมากับตะกอนดินในพื้นท้องทะเล และส่งผลกระทบต่อ ประชากรสัตว์น้ำและที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำหากมีการปนเปื้อนหรือสะสมในระดับที่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต ดังนั้นการติดตามปริมาณตะกอนชายฝั่งจึงเป็นสิ่งสำคัญในการหาแนวทางป้องกันและวิธีแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในปัจจุบันข้อมูลการแพร่กระจายของปริมาณตะกอนชายฝั่งที่มีอยู่อาจเป็นข้อมูลที่เก่าทำให้ยากต่อการวิเคราะห์หาแนวทาง ดังนั้นการพัฒนาข้อมูลใหม่จึงเป็นสิ่งที่จำเป็น โดยในงานวิจัยนี้เป็นการใช้ข้อมูลจากดาวเทียม Landsat กับงานด้านทรัพยากรชายฝั่งโดยศึกษาปริมาณความขุ่นตะกอนของน้ำบริเวณชายฝั่งปากแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งทำการศึกษาปริมาณความขุ่นตะกอนของน้ำในหน่วย NTU เพียงพารามิเตอร์เดียวสามารถทำได้โดยการใช้เครื่อง Turbidity Meter ในการตรวจวัดความขุ่นของตะกอนเป็นหน่วย NTU (Nephelometric Turbidity Units) นอกจากนี้ยังมีการใช้ประโยชน์จากดาวเทียมสำรวจทรัพยากร LANDSAT เป็นข้อมูลในการจัดทำแบบจำลองแสดงความขุ่นของน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยา

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาเกี่ยวกับปริมาณตะกอนของน้ำในทะเลบริเวณชายฝั่ง
2. เพื่อสร้างแบบจำลองแสดงความขุ่นของน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยา

3. วิธีการวิจัย

3.1 การทบทวนวรรณกรรม เป็นการศึกษาค้นคว้ารวบรวมความรู้พื้นฐาน และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ซึ่งได้ดำเนินการศึกษาในเรื่องของ ตะกอนชายฝั่ง ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) ภาพถ่ายดาวเทียม และแบบจำลอง (Model)

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นการเก็บค่าข้อมูล Digital Number ดังนี้

- การเก็บข้อมูลภาคสนาม

1. ติดต่อขอยืมเครื่องมือวัดตะกอนความขุ่น Turbidity Meter จากคณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล
2. ทำการลงพื้นที่เก็บตัวอย่างน้ำโดยใช้เครื่อง Turbidity Meter ในการตรวจวัดความขุ่นตะกอนของน้ำเป็นหน่วย NTU (Nephelometric Turbidity Units) ในบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาให้กระจายครอบคลุมพื้นที่และใช้เครื่องมือหาพิกัดด้วยดาวเทียม (GPS) บันทึกค่าพิกัดทุกจุดที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ

- ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม

ติดต่อขอภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาอำเภอพระสมุทรเจดีย์ อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ จากกองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

- ข้อมูลพื้นที่ศึกษา

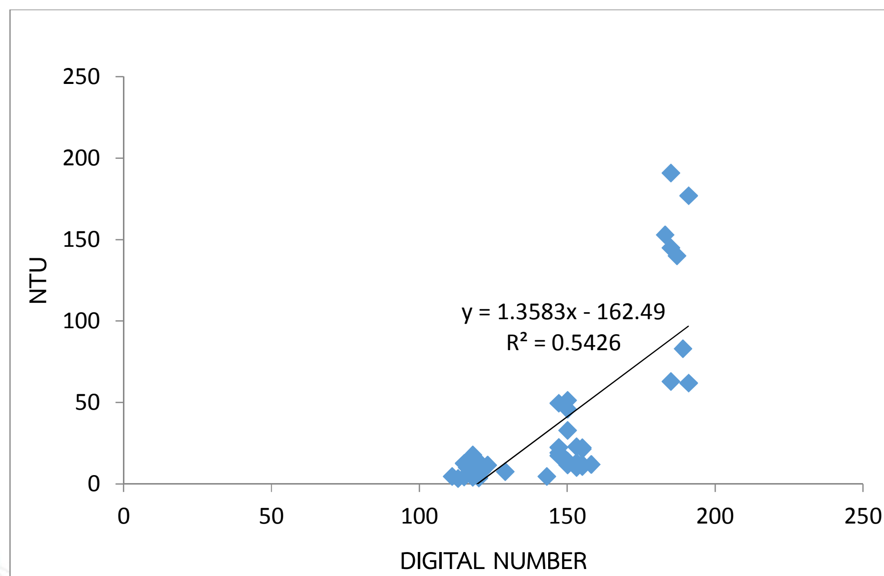
ทำการศึกษาและเก็บข้อมูลบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาครอบคลุมจังหวัดสมุทรปราการ อำเภอพระสมุทรเจดีย์ อำเภอเมืองสมุทรปราการ

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล จากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat Band 1 และปริมาณความขุ่นของตะกอนที่ได้ นำมารวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล โดยการใช้โปรแกรมสารสนเทศ ในการจำแนกประเภทของข้อมูล Digital Number

3.4 การแสดงผลข้อมูล เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม ทางสถิติ มาสร้างแบบจำลองแสดงความขุ่นของตะกอนด้วยภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดสมุทรปราการ

4. ผลการวิจัย

ผลการศึกษาที่ได้จากการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำภาคสนามในการตรวจวัดความขุ่นตะกอนของน้ำ ซึ่งทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่วันที่ 29 มิถุนายน 2558 ถึงวันที่ 6 ธันวาคม 2558 ใช้ข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 8 Path 129 Row 051เพื่อนำค่า Digital Number มาใช้ในการวิเคราะห์จัดทำแบบจำลองจากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบง่ายโดยใช้โปรแกรมทางสถิติช่วยในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งสามารถสร้างแบบจำลองแสดงความขุ่นของน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาได้คือ y = 1.358x - 162.491 โดยสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความขุ่นของน้ำ (NTU) กับค่า Digital Number ได้ดังรูปที่ 1 และแบบจำลองนี้มีค่า R^2 = 0.543 เป็นตัวบอกว่า ความแปรผันแปรของ Y มีผลมาจาก X ร้อยละ 54.3 และมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากรณ์เท่ากับ ± 30.7 เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องของเวลาในการศึกษาและเก็บข้อมูลมีจำกัดทำให้ผลที่ได้อาจมีความคลาดเคลื่อนได้



รูปที่ 1 แสดงความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการใช้ จะต้องมีการแจกแจงแบบปกติ

5. วิจารณ์ผลและสรุปผล

แบบจำลองแสดงความขุ่นของน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาคือ y = 1.358x - 162.491 ซึ่งเป็นแบบจำลองที่บอกคุณภาพน้ำบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาโดยเฉพาะปริมาณความขุ่นของน้ำ (NTU) เมื่อทราบค่า Digital Number โดยการใช้ข้อมูลของดาวเทียมเช่น Landsat

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 จากการลงพื้นที่ศึกษาบริเวณชายฝั่งปากแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นบริเวณที่มีความเสื่อมโทรมเป็นอย่างมากควรมีการแก้ไขและป้องกันปัญหาเพื่อไม่ให้เกิดความรุนแรงมากขึ้นกว่าเดิม

6.2 เนื่องจากบริเวณนั้นเป็นเขตพื้นที่ทหารทำให้การเก็บข้อมูลถูกจำกัดพื้นที่ในการเข้าถึงมากขึ้นทำให้ข้อมูลที่เก็บอาจมีความกระจายน้องลง

6.3 ควรเพิ่มระยะเวลาหรือจำนวนครั้งในการเก็บข้อมูลมากขึ้นเพื่อประสิทธิภาพเพื่อประสิทธิภาพหรือความสามารถในการใช้แบบจำลองที่สร้างให้ถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

เชาวลิต ศิลปทอง.(2553). หลักการเบื้องต้นการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล (Remote Sensing). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จากhttp://kmcenter.rid.go.th/kmc14/gis_km14/gis_km14(29).pdf (วันที่ค้นข้อมูล : 23 ตุลาคม 2558).

นัฐวุฒิ เวชกามา. เครื่องมือทางภูมิศาสตร์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://etcgeography.wordpress.com/2011/07/19/%E0%B8%9A%E0%B8%97%E 0%B8% 97%E0%B (วันที่ค้นข้อมูล 23 ตุลาคม 2558).

วรรณา ไชยศรี. ภาพจากดาวเทียม. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://www.l3nr.org/posts/517215 (วันที่ค้นข้อมูล : 23 ตุลาคม 2558).

ศิริพร ประดิษฐ์. (2555). เอกสารประกอบการสอน วิชาสมุทรศาสตร์ชายฝั่ง (Coastal Oceanography). สงขลา: สถาบันทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

สมพงษ์ เลี่ยงโรคาพาธ.(2552). ข้อมูลจากการรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing data) [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.space.mict.go.th/knowledge.php?id=rs3 (วันที่ค้นข้อมูล : 28 ตุลาคม 2558).

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ.(2014). คู่มือการใช้งานระบบสืบค้นข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 8 [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก http://www.gistda.or.th/main/th/node/93 (วันที่ค้นข้อมูล: 20 พฤศจิกายน 2558).

การจำแนกลำดับชั้นเชิงวัตถุภาพพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจ ด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชต ในจังหวัดกาฬสินธุ์

Hierarchical Object-based Classification of Thaichote data for Cash crop Mapping in Kalasin province, Northeast Thailand

วาสนา พุฒกลาง[1,2], อุราวรรณ จันทร์เกษ[2] และ รัศมี สุวรรณวีระกำธร[1,2]

Wasana Putklang, Urawan Chanket and Rasamee Suwanwerakamthorn

[1]ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

[2]ศูนย์ภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

โทรศัพท์ 0-4320-2742 โทรสาร 0-4320-2743 e-mail: putklang_w@kku.ac.th

บทคัดย่อ

ความแปรปรวนเชิงคลื่นของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมทำให้เกิดความสับสนและแยกไม่ออกจากกันด้วยวิธีการจำแนกแบบดั้งเดิมหรือการวิเคราะห์เชิงจุดภาพ (Pixel based image analysis: PBIA) อีกทั้งความเป็นพลวัตรของการใช้ที่ดินที่หลากหลาย มีผลให้การจำแนกมีความถูกต้องน้อย อย่างไรก็ตามเป็นเวลามากกว่า 10 ปีแล้วที่วิธีการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินขั้นสูงได้ถูกพัฒนา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจำแนกด้วยวิธีวิเคราะห์เชิงวัตถุภาพ (Object based image analysis: OBIA) ซึ่งเป็นวิธีจำแนกที่พิจารณาทั้งข้อมูลเชิงคลื่นและเชิงพื้นที่ตามหลักการความเป็นเนื้อเดียวกัน สามารถลดความแยกไม่ชัดของการจำแนกพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ ด้วยเทคนิคจำแนกลำดับชั้นเชิงวัตถุภาพ ในจังหวัดกาฬสินธุ์ จากการผสมผสานเชิงบูรณาการของภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชตระบบหลายช่วงคลื่น และผลิตภัณฑ์ Pan-sharpened ร่วมกับดัชนีพืชพรรณ NDVI การวิเคราะห์เนื้อภาพ และข้อมูลความสูงเชิงเลข SRTM DEM รายละเอียด 90 เมตร การจำแนกเชิงวัตถุภาพมี 2 ขั้นตอนหลักได้แก่ การแบ่งส่วนภาพและการจำแนกภาพ โดยการแบ่งส่วนภาพเพื่อจัดกลุ่มข้อมูลเชิงคลื่นและเชิงพื้นที่ตามหลักการความเป็นเนื้อเดียวกัน โดยกำหนดค่า Shape และ Compactness เท่ากับ 0.1 และ 0.9 ตามลำดับ และแบ่งระดับมาตราส่วนแบ่งส่วนภาพตามลำดับชั้นออกเป็น 4 ระดับได้แก่ ระดับที่ 4มาตราส่วนเท่ากับ 150 เพื่อจำแนกพื้นที่น้ำและไม่ใช่น้ำ ระดับที่ 3 มาตราส่วนเท่ากับ 100 เพื่อจำแนกพื้นที่เป็นพืชพรรณและพื้นที่ไม่ใช่พืชพรรณหรือนาข้าว ระดับที่ 2 มาตราส่วนเท่ากับ 50 เพื่อจำแนกพื้นที่พืชไร่และพื้นที่ที่มีไม้ยืนต้นเป็นองค์ประกอบ และระดับที่ 1มาตราส่วนเท่ากับ 25 เพื่อจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อย มันสำปะหลัง ยางพารา ไม้ผลไม้ยืนต้น และพื้นที่ป่าไม้ โดยการพัฒนาชุดคำสั่งกฏฐาน ด้วยการ Threshold จากข้อมูลสถิติคุณสมบัติเชิงคลื่น เชิงพื้นที่ เนื้อภาพ และ DEM ร่วมกับการใช้ฟังชั่นสมาชิก ตามหลักการจำแนกลำดับชั้นตามเงื่อนไขที่กำหนดทั้ง 4 ระดับดังกล่าว โดยระดับที่ 4 จะถูกนำไปแบ่งส่วนภาพและจำแนกต่อจนถึงระดับที่ 1 เพื่อให้ได้พื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจ ผลการศึกษาสามารถจำแนกพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจ ได้แก่ พื้นที่ปลูกข้าว อ้อยโรงงาน มันสำปะหลังโรงงาน ยางพารา ไม้ผลและไม้ยืนต้น เมื่อนำมาตรวจสอบความถูกต้องในภาคสนาม ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง Kappa coefficientพบว่ามีค่าความถูกต้องทั้งหมด85.36 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: การจำแนกลำดับชั้นเชิงวัตถุภาพ, ภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชต, พืชเศรษฐกิจ, จังหวัดกาฬสินธุ์

ABSTRACT

In the process of land use classification using traditional classification method (Pixel based image analysis: PBIA), confusion between classes is inherent in the obtained result. In addition, dynamic and heterogeneous patterns of land use make difficulty in yielding the accuracy of land use map. However, the past decades, technical advances in image classification for land use and land cover mapping have been marked, especially through object based image analysis (OBIA), considering spectral data and spatial data based on

homogeneity criteria. This paradigm has capable of decreasing confusion between classes of cash crop. The study aims to classify cash crop using hierarchical object based classification approach in Kalasin province, Northeast, Thailand covers an area of about 6,940 sq.km. We used multispectral and pan sharpened image of Thaichote and SRTM DEM 90 meters for this study. We generated NDVI from multispectral as one of input parameter for OBIA. The main OBIA technical comprise of segmentation and classification. We used band1 band2 band3 and NDVI for multi-resolution segmentation algorithm and assign the values 0.1 and 0.9 for shape and compactness at different scale levels, 150 100 50 and 25 respectively. The objects were classified according to the hierarchical structure, divided into 4 scale levels. Scale 150 for level4 differentiates between water body and non-water body classes. Scale 100 for level, non-water body was differentiated further into vegetation and non-vegetation, which is paddy field. Scale 50 for level2 , vegetation was differentiated further into field crops, tree based crops and forest. The last level as scale 25for level1, differentiates further into sugarcane, cassava, rubber tree, orchard and perennial, and forest. Following this, we move level4 toward level1, developing rule sets with the membership function and threshold the several object features of Thaichote data and SRTM DEM, i.e. mean of spectral and spatial data as well as texture feature. According to the hierarchical classification criteria defined by the four scale levels, the first level was applied until the fourth level deal with image segmentation and classification into cash crop classes including paddy field, sugar cane, cassava, rubber tree and orchard and perennial. The classified image compared with field study and tested using Kappa coefficient. The results indicated that the hierarchical object-based classifier achieved a high overall accuracy (85.36%).

KEY WORDS : Hierarchical object-based classification, Thaichote, Cash crop, Kalasin province

1. บทนำ

สถานการณ์และแนวโน้มการปลูกพืชเศรษฐกิจในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ประเทศไทยเป็นแหล่งความมั่นคงทางด้านอาหารที่สำคัญของโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตพืชเศรษฐกิจเพื่อการส่งออกและสามารถทำรายได้ให้กับเกษตรกร ได้แก่ ข้าว อ้อยโรงงาน มันสำปะหลังโรงงาน ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ยางพารา และปาล์มน้ำมัน เป็นต้น พื้นที่เพาะปลูกเพื่อการเกษตรที่เพิ่มขึ้นทุกปี ในปี 2555 มีเนื้อที่การใช้ที่ดินเพื่อการเกษตร เท่ากับ 149.25 ล้านไร่ ซึ่งพบว่าจังหวัดที่มีพื้นที่เพาะปลูกเพื่อการเกษตรในสิบอันดับแรกส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีพื้นที่ถึง 63.85 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 42.78 ของพื้นที่ทั้งประเทศ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) ทำให้ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นฐานการผลิตพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศเนื่องมาจากพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนลาดตั้งแต่พื้นที่ลุ่มต่ำ พื้นที่ดอน ไปจนถึงพื้นที่ภูเขา สามารถเพาะปลูกพืชได้หลากหลายชนิด เช่น พื้นที่ลุ่มเป็นแหล่งเพาะปลูกข้าวที่สำคัญอันดับสองของประเทศรองจากภาคกลาง ในพื้นที่ดอนระบายน้ำดีใช้ปลูกพืชไร่จนถึงพื้นที่ภูเขาเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ มันสำปะหลังโรงงาน อ้อยโรงงาน ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ รวมไปจนถึงพืชเศรษฐกิจชนิดใหม่ เช่น ยางพาราและปาล์มน้ำมัน ดังนั้นจึงเกิดการแข่งขันการใช้ที่ดินระหว่างพืชไร่ด้วยกัน ได้แก่ มันสำปะหลัง อ้อย ยางพารา ซึ่งปัจจัยทางด้านราคาเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเลือกปลูกพืชของเกษตรกร โดยจะเห็นได้ว่าพื้นที่การปลูกยางพาราได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงราคายางพาราที่สูงขึ้นเนื่องจากการกำหนดนโยบายยางล้านไร่ ส่งผลให้พืชไร่ชนิดอื่น เช่น มันสำปะหลังและอ้อย มีพื้นที่ลดลง จากนโยบายของรัฐที่พยายามผลักดันให้ประเทศไทยผลิตพืชเศรษฐกิจเพื่อความมั่นคงด้านอาหาร และส่งออกเป็นอันดับหนึ่งของโลก เช่น

นโยบายการปลูกยางพาราล้านไร่ในแหล่งปลูกใหม่ นโยบายการจัดทำโซนนิ่งพื้นที่เกษตรกรรม และนโยบายในการเร่งพัฒนาร่างยุทธศาสตร์และโรดแมปของพืชเกษตรสำคัญ 4 ชนิด คือ มันสำปะหลัง ข้าวโพด ปาล์มน้ำมัน และ อ้อย ซึ่งนโยบายทางด้านการเกษตรเหล่านี้ล้วนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือภาคตะวันออกเฉียงเหนืออย่างเป็นพลวัตร

การได้มาซึ่งข้อมูลการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจในภาคตะวันออกฉียงเหนือ

ในอดีตการได้มาซึ่งข้อมูลสารสนเทศทางด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินทางด้านการเกษตรนั้นค่อนข้างยุ่งยาก โดยมาจากการสำรวจด้วยวิธีการสุ่ม สัมภาษณ์เกษตรกรแล้วทำการประเมินพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งข้อมูลพื้นที่ฐานที่ถูกนำมาอ้างอิงจะเป็นข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:250,000 และ1:50,000 และกรมพัฒนาที่ดินเองก็ได้ผลิตแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในมาตราส่วน 1:1,000,000 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541) ครอบคลุมพื้นที่ทั่วทั้งประเทศ ซึ่งก็ยังมีความละเอียดและความถูกต้องในระดับต่ำ และต่อมาได้จัดทำแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในมาตราส่วน 1:250,000 แต่ก็ยังมีข้อจำกัดด้านการนำไปใช้ซึ่งเป็นแผนที่เหมาะสำหรับการวางแผนในระดับประเทศเท่านั้น ต่อมากรมพัฒนาที่ดินได้ทำการผลิตแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในระดับมาตราส่วน 1:50,000 ด้วยการจำแนกจากภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 7 โดยใช้ข้อมูลแผนที่ฐานที่เป็นแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 จัดทำโดยกรมแผนที่ทหารข้อมูลที่ได้สามารถนำไปวางแผนเพื่อการพัฒนาประเทศในระดับภูมิภาคและในระดับจังหวัดได้ และสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรได้ทำการสำรวจเนื้อที่เพาะปลูกและผลผลิตสินค้าเกษตรเป็นรายจังหวัดทั่วประเทศในปีการเพาะปลูก 2548/2549 โดยวิธีการใช้พื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจที่ได้จากการแปลวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่ายจากดาวเทียมและรูปถ่ายออร์โธสี ลงบนแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2548) และด้วยความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่องของเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ทำให้มีการนำเอาข้อมูลจากรูปถ่ายออร์โธสีและภาพถ่ายจากดาวเทียมมาใช้ในการสำรวจข้อมูลทางด้านการเกษตรอย่างเกิดประโยชน์และประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2545 กรมพัฒนาที่ดินได้จัดทำแผนที่รูปถ่ายออร์โธสีเชิงเลข มาตราส่วน 1:4,000 และ 1:25,000 ภายใต้โครงการจัดทำแผนที่เพื่อการบริหารทรัพยากรธรรมชาติและทรัพย์สินของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์เพื่อให้มีข้อมูลในการสนับสนุนการวางแผนในระดับอำเภอ และมีข้อมูลรูปถ่ายออร์โธสี ที่มาตราส่วนมาตราส่วน 1:4,000 และ 1:25,000 ที่สามารถนำไปเป็นข้อมูลมาตราฐานเดียวกันทั้งประเทศ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547) โดยทางกระทรวงการเกษตรและสหกรณ์ ได้ให้บริการข้อมูลรูปถ่ายออรโธสีรายละเอียดสูงนี้กับทุกหน่วยงานราชการทั่วประเทศ และต่อมาในปี พ.ศ. 2552 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรได้ร่วมมือกับมหาวิทยาลัยในประเทศไทย 8 สถาบันจัดทำข้อมูลเนื้อที่ถือครอง และการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรจากรูปถ่ายออร์โธสีมาตราส่วน 1: 4,000 ที่มีความละเอียดสูงที่สุด เพื่อนำไปใช้ ประโยชนในการกำหนดนโยบาย มาตรการและโครงการสำคัญของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ซึ่งเป็นการดำเนินงานที่ยังไม่เคยมีหน่วยงานไหนจัดทำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีรายละเอียดสูงทั้งประเทศระดับนี้มาก่อน โดยทุกขั้นตอนของการดำเนินงาน การตรวจสอบข้อมูล อ้างอิงหลักเกณฑ์และปฏิบัติตามหลักวิชาการ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้สามารถนำไปใช้อย่างมั่นใจในความถูกต้องของข้อมูล (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558)

ปัจจุบันการจำแนกพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจ มีวิธีการที่ได้มาอย่างรวดเร็วและถูกต้องมากยิ่งขึ้น จากความก้าวหน้าของเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยภาพที่ได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียมที่มีรายละเอียดของภาพที่สูงมากขึ้น พร้อมทั้งมีช่วงคลื่นที่หลากหลาย ภาพถ่ายบางชนิดมีรายละเอียดที่ใกล้เคียงกับภาพถ่ายทางอากาศ เช่น ภาพถ่ายจากดาวเทียม Quickbird, GeoEye 1, WorldView-1 และ IKONOS เป็นต้น ซึ่งสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ องค์การมหาชน หรือที่รู้จักในนาม GISTDA เป็นหน่วยงานหลักและหน่วยงานเดียวในประเทศไทยที่ให้บริการภาพถ่ายจากดาวเทียม ซึ่งหน่วยงานทั้งในภาครัฐและเอกชน สามารถนำไปวางแผนพัฒนาพื้นที่ ป้องกันบรรเทาสาธารณภัยต่างๆ ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ เช่น ภาพถ่ายจากดาวเทียม RADARSAT, Landsat, SPOT, ALOS, IKONOS, Quickbird, GeoEye โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาพถ่ายจากดาวเทียม Thaichot ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรดวงแรกของประเทศไทย ปัจจุบันได้ถ่ายภาพครอบคลุมทั้งประเทศ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ Pan-Sharpened รายละเอียด 2 เมตร สามารถเป็นข้อมูลในการสนับสนุนการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินในประเทศไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีการจำแนกพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม

การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลระยะไกลมีวิธีการจำแนกอยู่ 2 วิธี ได้แก่การแปลตีความภาพด้วยสายตา (Visual Interpretation) และการวิเคราะห์ข้อมูลภาพด้วยคอมพิวเตอร์ (Digital Analysis) ตามหลักการการวิเคราะห์จุดภาพ (Pixel based analysis) สำหรับความถูกต้องของการแปลตีความข้อมูลภาพดาวเทียมด้วยสายตาขึ้นอยู่กับทักษะความชำนาญของผู้แปลตีความภาพ ขึ้นอยู่กับประสบการณ์และความชำนาญในการเรียนรู้ลักษณะพื้นที่ที่ศึกษานั้นๆที่สัมพันธ์

กับลักษณะของข้อมูลภาพดาวเทียมที่ปรากฏในภาพ เพื่อนำไปสู่การสรุปผลอันเป็นการตัดสินใจขั้นสุดท้ายของผู้แปลภาพ โดยเลือกผลสรุปที่เหมาะสมที่สุดภายใต้เงื่อนไขของวัตถุประสงค์และข้อจำกัดที่มีอยู่ในขณะนั้น นำมาซึ่งความถูกต้องของข้อมูลสูงแต่ในขณะเดียวกันการได้มาของข้อมูลค่อนข้างล่าช้า ส่วนวิธีการจำแนกด้วยคอมพิวเตอร์นั้นมีมากมากหลายวิธี แบ่งออกเป็นการจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) และการจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล (Unsupervised Classification) การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธีกำกับดูแลเป็นวิธีที่ให้ความถูกต้องมากกว่าวิธีไม่กำกับดูแล โดยในขั้นตอนต้องกำหนดพื้นที่ตัวอย่างให้กับแต่ละประเภทการใช้ที่ดินก่อนทำการจำแนก ได้แก่ วิธี Parallelepiped, Minimum Distance, Maximum Distance, Mahalanobis Distance, Maximum likelihood หรือ เทคนิคการจำแนกขั้นสูง เช่น Support Vector Machine และArtificial neural networks เป็นต้น ข้อจำกัดของวิธีการจำแนกเชิงจุดภาพ คือความแปรปรวนของค่าการสะท้อนเชิงคลื่นที่ไม่สามารถแยกออกจากการได้เด็ดขาด เนื่องจากมีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก เช่นพื้นที่พืชไร่ไถกับพื้นที่นาข้าว จึงอาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการจำแนก ปัญหาดังกล่าวทำให้มีการพัฒนา Algorithm เพื่อจำแนกพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยวิธีการวิเคราะห์เชิงวัตถุภาพ (Object-oriented image analysis) เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ได้รับยอมรับในการวิเคราะห์ภาพถ่ายจากดาวเทียมเป็นวิธีที่ให้ความถูกต้องของการจำแนกได้ดียิ่งขึ้น โดยในขั้นตอนแรก คือการแบ่งส่วนภาพ(Image segmentation) โดยการพิจารณาความเป็นเนื้อเดียวกันของภาพจากคุณลักษณะข้อมูลเชิงคลื่นผสมผสานกับคุณลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่ ได้แก่ ขนาด รูปร่าง สี ความราบเรียบ และการเกาะกลุ่ม เพื่อสร้างเป็นวัตถุภาพ จากนั้นทำการจำแนกภาพโดยวิธีการต่างๆ เช่น Nearest neighbors, Maximum likelihood, threshold เป็นต้น ผู้จำแนกสามารถสร้างกฎฐานการจำแนก (Rule sets) จากความรู้ประสบการณ์ความชำนาญของผู้วิเคราะห์ได้ เช่น ลักษณะภูมิประเทศและดัชนีพืชพรรณ เป็นต้น เทคนิคดังกล่าวจึงน่าจะจำแนกพื้นที่พืชเศรษฐกิจได้อย่างอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการติดตามพื้นที่ปลูก การวางแผนการผลิต การคาดการณ์ผลผลิต และการวางแผนการใช้ที่ดินให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

การวิเคราะห์เชิงวัตถุภาพเพื่อประเมินสถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน

ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 การวิเคราะห์ข้อมูลภาพเชิงวัตถุภาพ (Object oriented image analysis) ได้พัฒนาอย่างรวดเร็วและนำไปใช้กับภาพถ่ายจากดาวเทียมตั้งแต่รายละเอียดต่ำไปจนถึงรายละเอียดสูง Ekadinata, A., & Vincent, G. (2011)จำแนกพื้นที่ปลูกยางพาราที่มีระบบการปลูกแบบวนเกษตร ด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียมLANDSAT ระบบ ETM บริเวณจังหวัด Jambi ประเทศอินโดนีเซีย โครงสร้างทรงพุ่มพื้นที่วนเกษตรยางพารามีความใกล้เคียงกันมากกับพื้นที่ป่าไม้ ในขั้นตอนสามารถจำแนกพื้นที่ออกจากกันได้ด้วยวิธีวิเคราะห์เชิงวัตถุภาพภายใต้หลักการจำแนกตามลำดับชั้น (Hierarchy scale) ที่พัฒนามาจากการจำแนกเชิงจุดภาพ (Pixel-based classification) ผลการศึกษาพบว่ามีความถูกต้องสูงในพื้นที่ที่มีความซับซ้อน และสามารถจำแนกอายุยางพาราได้ Shiba, M and Itaya, A. (2006) พบว่าการนำเทคนิคการวิเคราะห์เชิงวัตถุภาพสามารถจำแนกพื้นที่ป่าไม้ด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียม IKONOS รายละเอียด 1 เมตร โดยแก้ไขปัญหาในด้านความแยกไม่ชัดจากค่าเชิงคลื่นที่ใกล้เคียงกัน โดยในการวิเคราะห์ด้วยการแบ่งส่วนภาพจากการพิจารณาจากรูปแบบคุณลักษณะเชิงคลื่น (spectral pattern) และรูปแบบคุณลักษณะเชิงพื้นที่ (spatial pattern) จากนั้นจำแนกด้วยวิธีฐานกฎ (rule base) ในการแบ่งส่วนภาพใช้วิธี multi-resolution segmentation โดยการนำข้อมูลบูรณาการร่วม ได้แก่ข้อมูล DTM (Digital Terrain Model) และภาพถ่ายจากดาวเทียม IKONOS โดยให้ค่าน้ำหนัก scale parameters color และ shape ผลการจำแนกเปรียบเทียบความถูกต้องกับการจำแนกแบบเชิงคลื่น (pixel-based classification) ผลการศึกษาพบว่าการจำแนกเชิงวัตถุมีศักยภาพสูงในการจัดการและปรับปรุงข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ และสามารถเป็นระบบติดตามและสนับสนุนการตัดสินใจการจัดการทรัพยากรป่าไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Blaschke, T, 2010) สามารถเพิ่มความถูกต้องและมีประสิทธิภาพ และปัจจุบันเป็นที่ยอมรับมากยิ่งขึ้น โดยการวิเคราะห์เชิงวัตถุภาพที่มีแนวคิดการแบ่งส่วนภาพ โดยให้ส่วนภาพที่มีลักษณะ homogeneous รวมเข้าด้วยกัน จากนั้นอาศัยกระบวนการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าข้อมูล ไม่ว่าจะเป็นค่าการสะท้อนเชิงคลื่น หรือค่าคุณลักษณะเชิงพื้นที่ ในแต่ละวัตถุที่ได้ทำการแบ่งส่วนภาพ

สำหรับในประเทศไทยมีงานวิจัยพัฒนาการวิเคราะห์เชิงวัตถุภาพสนับสนุนการจำแนกพื้นที่การใช้ที่ดินหลายงานวิจัย สุทัศน์ (2550) ได้ทำการจำแนกพื้นที่ปลูกยางพาราและปาล์ม บริเวณจังหวัดกระบี่ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT ด้วยวิธีวิเคราะห์เชิงวัตถุภาพบูรณาการร่วมกับหลักเกณฑ์การจำแนกแบบ knowledge base และ fuzzy rule base เพื่อสนับสนุนให้การจำแนกมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ผลการศึกษาให้ความถูกต้องโดยรวมสูงถึง 94.43 เปอร์เซนต์ สุดาและคณะ (2555) ได้พัฒนาวิธีการจำแนกเชิงวัตถุ จำแนกช่วงอายุยางพาราจากภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชต ระบบ PAN Sharpened รายละเอียดภาพ 2 เมตร โดยการสร้างกฎเกณฑ์ในการจำแนกช่วงอายุยาง 0-3 ปี 4-6 ปี 7-15 ปี 16-25 ปี และ

มากกว่า 25 ปี โดยการบูรณาการคุณลักษณะของเชิงคลื่น ได้แก่ ค่า Layer Values (Mean, Standard deviation, Pixel - based, Neighbors), ค่า Texture และ ดัชนีพืชพรรณ NDVI เพื่อกำหนดลงไปในวัตถุภาพ ผลการศึกษาพบมีความถูกต้อง 76, 64, 63, 70 และ 71 ในยาง 0-3 ปี 4-6 ปี 7-15 ปี 16-25 ปี และมากกว่า 25 ปี ตามลำดับ Charoenjit, K., et al (2014) ได้ประเมินพื้นที่ปลูกยางพาราพันธุ์ RRIM600 ด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชต ในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย เพื่อนำไปประเมินหาค่าการกักเก็บปริมาณคาร์บอน โดยในวิธีการจำแนกพื้นที่ปลูกด้วยวิธีเชิงวัตถุภาพ โดยใช้การบูรณาการส่วนภาพ จากข้อมูลการสะท้อนเชิงคลื่น ข้อมูลดัชนีพืชพรรณ ข้อมูลเนื้อภาพ และข้อมูลหน้ากาก (mask information) ซึ่งผู้วิจัยพบว่าค่าเนื้อภาพแบบ homogeneity, dissimilarity, contrast และ variance มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ กับผลการคาดคะเนเส้นรอบวงของต้นยางพารา ที่ระดับ R2 0.865 Anan, T, et al (2010) ได้จำแนกพื้นที่ปลูกปาล์มจากภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชต ระบบขาวดำ รายละเอียด 2 เมตร ด้วยวิธีวิเคราะห์เชิงวัตถุภาพ โดยวิธีการแบ่งส่วนภาพด้วยวิธี multi-resolution segmentation จากนั้นใช้การวิเคราะห์เนื้อภาพ Haralick กำหนดพื้นที่ปลูกปาล์ม ซึ่งเป็นหลักการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าระดับสีเทา (Grey-level co-occurrence matrix; GLCM) เพื่อกำหนดคุณลักษณะเนื้อภาพแบบ Homogeneity Contrast Entropy และ Dissimilarity ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ปลูกปาล์มมีช่วงค่าคุณลักษณะในแต่ละเนื้อภาพ เท่ากับ 0.08-0.183 60-210 2.83-3.45 และ 1-8, 17-37.21 ตามลำดับ โดยการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยแนะนำว่าหากต้องการให้ผลการจำแนกมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นควรนำเทคนิคการวิเคราะห์เนื้อภาพ Haralick มาใช้ร่วมกับ Membership function เช่นเดียวกับ รัศมี สุวรรณวีระกำธร และคณะ (2557) ได้ทำการจำแนกพื้นที่เพาะปลูกยางพาราตามช่วงอายุด้วยวิธีจำแนกตามลำดับชั้น (Class Hierarchy) ภายใต้หลักการกฎฐาน(Rule sets) โดยใช้ข้อมูลหลายช่วงคลื่นภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชติผสมผสานกับข้อมูลดัชนีพืชพรรณ NDVI และข้อมูลความสูงของพื้นที่SRTM รายละเอียด 90 เมตร นอกจากนี้ได้เพิ่มข้อมูลเนื้อภาพจากการวิเคราะห์เมตริกซ์ความสัมพันธ์ของระดับสีเทา(GLCM) ตามทฤษฎีของ Haralick โดยใช้เนื้อภาพแบบ Entropy ผสมผสานกับข้อมูลดัชนีพืชพรรณ NDVI ผลการจำแนกช่วงอายุ ยางพารานำไปเปรียบเทียบความถูกต้องกับการสำรวจในภาคสนาม พบว่ามีค่าความสอดคล้อง Kappa coefficient เท่ากับ 0.74

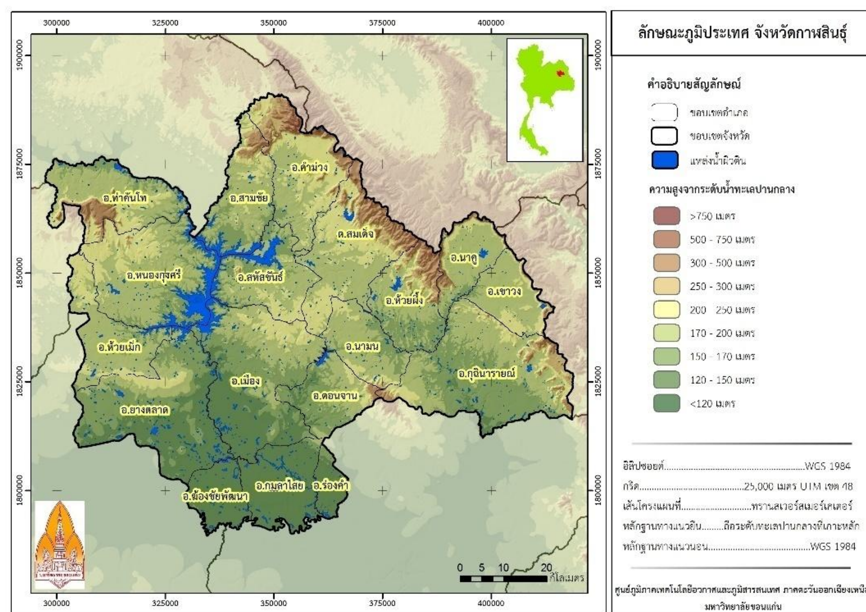
2. วัตถุประสงค์

เพื่อจำแนกพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ยางพารา ไม้ผล/ไม้ยืนต้น จากภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชต ด้วยวิธีการจำแนกเชิงวัตถุภาพ (object based image analysis) ในจังหวัดกาฬสินธุ์

3. วิธีการวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาครอบคลุมพื้นที่จังหวัดกาฬสินธุ์ ตั้งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงเส้นรุ้ง(Latitude) 16° 10′ ถึง 17° 10′ เหนือ และเส้นแวง(Longitude) ที่ 103° 5′ ถึง 104° 15′ ตะวันออก ครอบคลุมเนื้อที่ 6,946.746 ตารางกิโลเมตร (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2543) มีอาณาเขตติดต่อระหว่างจังหวัดใกล้เคียง ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษา

สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน ของจังหวัดกาฬสินธุ์ ซึ่งได้จากการตีความหมายภาพถ่ายทางอากาศออร์โธสี มาตราส่วน 1 : 4,000 ปี พ.ศ.2545 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2554) พบว่าจังหวัดกาฬสินธุ์มีเนื้อที่ถือครองทางการเกษตร 3,078,785 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 70.91 ของจังหวัด การใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นาข้าว คิดเป็นร้อยละ 58.21 รองลงมาคือพื้นที่พืชไร่ ไม้ผลและไม้ยืนต้น พื้นที่เลี้ยงสันตว์น้ำ และพื้นที่การเกษตรอื่น คิดเป็นร้อยละ 34.69 6.41 0.61 และ 0.08 ของพื้นที่ถือครองทางการเกษตรทั้งหมด ตามลำดับ

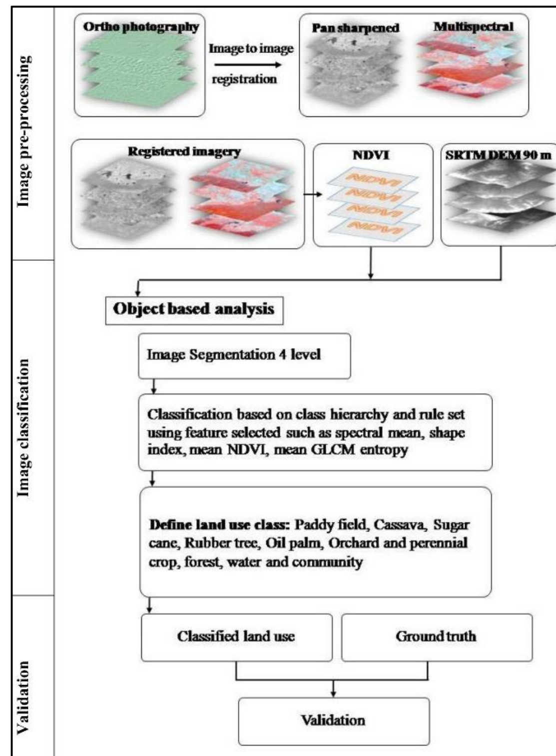
ปริมาณน้ำฝนในในแต่ละเดือนของจังหวัดกาฬสินธุ์ ในฤดูฝนโดยปกติจะเริ่มเดือนเมษายน ปริมาณน้ำฝนประมาณ 80 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำฝนสูงสุดอยู่ในเดือนกรกฎาคม และ เดือนสิงหาคม ประมาณ 250-260 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปีประมาณ 1400 มิลลิเมตร (ค่าเฉลี่ย 10 ปี 2542-2551) (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2542-2551)

3.2 หลักในการศึกษา

หลักในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการจำแนกพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจหลัก ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ยางพารา และไม้ผล/ไม้ยืนต้น จากภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชตด้วยวิธีการจำแนกเชิงวัตถุภาพ ในจังหวัดกาฬสินธุ์ โดยการผสมผสานภาพในระบบหลายช่วงคลื่น (Multispectral) รายละเอียด 15 เมตร ในช่วง ปี พ.ศ. 2555-2557 จำนวน 5 ภาพ กับผลิตภัณฑ์ Pan sharpenedรายละเอียด 2 เมตร ในช่วง ปี พ.ศ. 2554– 2557 จำนวน 56 ภาพ โดยในขั้นตอนประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมเบื้องต้น การจำแนกพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจด้วยวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้นเชิงวัตถุภาพโดยแบ่งออกเป็นขั้นตอนการแบ่งส่วนภาพ (Image segmentation) และจำแนกภาพ (Image classification) และทำการตรวจสอบความสอดคล้องของผลการจำแนกกับการสำรวจการใช้ประโยชน์ที่ดินในภาคสนาม ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ Kappa coefficient

3.3 ขั้นตอนการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษาประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การรวบรวมข้อมูล การประมวลผลภาพถ่ายจากดาวเทียม การวิเคราะห์พื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจด้วยวิธีการจำแนกเชิงวัตถุภาพ การสำรวจภาคสนามและการประเมินความถูกต้อง ดังภาพที่ 2 ซึ่งในแต่ละขั้นตอนอธิบายได้ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการศึกษา

3.3.1 การรวบรวมข้อมูล

ทำการรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา ทั้งในรูปแบบของข้อมูลพื้นฐานเชิงพื้นที่ และข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม

- ข้อมูลพื้นฐานเชิงพื้นที่

ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ทำการรวบรวม ได้แก่ ข้อมูลพื้นฐานครอบคลุมพื้นที่จังหวัดกาฬสินธุ์ ได้แก่ ขอบเขตการปกครอง ข้อมูลแหล่งน้ำผิวดิน ข้อมูลลำน้ำ ข้อมูลภูมิสัณฐาน แสดงรายละเอียดและแหล่งที่มาของข้อมูล ดังตารางที่ 1

- ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม

สำหรับข้อมูลภาพถ่ายเชิงเลขที่ใช้ในการติดตามพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจครอบคลุมพื้นที่จังหวัดกาฬสินธุ์ ได้แก่ ภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชต (THAICHOTE) ในระบบหลายช่วงคลื่น (Multi-Spectral: MS) ในช่วง ปี พ.ศ. 2555-2557 จำนวน 5 ภาพ และผลิตภัณฑ์ Pan-sharpenedรายละเอียด 2 เมตร ในช่วง ปี พ.ศ. 2554–2557 จำนวน 56 ภาพ ซึ่งมีรายละเอียดของข้อมูล ดังตารางที่ 2 และดัชนีภาพถ่ายจากดาวเทียมระบบ MS และ Pan sharpened

- ข้อมูลความสูงของพื้นที่

ข้อมูลความสูงเชิงเลข SRTM (Shuttle Radar Topography Mapping) รายละเอียด 90 เมตร ซึ่งเป็นข้อมูลจำลองความสูงของพื้นที่จากระบบเรดาห์ แสดงความสูงถึงระดับเรือนยอด สิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่ราบเรียบ มีความถูกต้องในแนวนอนและแนวตั้ง 20 เมตร และ 16 เมตร ตามลำดับ (Rodriguez et al., 2006; Slater et al., 2006)

ตารางที่ 1 รายละเอียดข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษา

ชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่	มาตราส่วน	แหล่งที่มา
ขอบเขตการปกครอง	1:50,000	ศูนย์ภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ
แหล่งน้ำผิวดิน	1:50,000	
ลำน้ำ	1:50,000	
ข้อมูลภูมิสัณฐาน	1:50,000	
SRTM DEM 90 เมตร	-	NASA

ตารางที่ 2 รายละเอียดข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชตที่ใช้ในการศึกษา

ภาพถ่าย/ระบบ	วันที่ถ่ายภาพ	จำนวน (Scene)
THAICHOTE/ Pan sharpened (2 เมตร)	13 ธ.ค. 2557	3
	22 พ.ย. 2557	5
	24 พ.ค. 2557	4
	1 เม.ย. 2557	3
	14 ม.ค. 2557	7
	18 พ.ย. 2556	3
	15 ธ.ค. 2555	5
	19 พ.ย. 2555	5
	14 พ.ย. 2555	1
	30 ก.พ. 2555	3
	7 ก.พ. 2555	2
	17 ม.ค. 2555	4
	21 พ.ย. 2554	6
	16 พ.ย. 2554	1
	18 ม.ค. 2554	4
รวม		**56**
THAICHOTE/ Multispectral (15 เมตร)	13 ธ.ค. 2557	2
	22 ธ.ค. 2557	2
	15 ธ.ค. 2555	1
รวม		**5**

3.3.2 การประมวลผลภาพถ่ายจากดาวเทียม

- การวิเคราะห์ภาพถ่ายเบื้องต้น (Preprocessing of the imagery)

ขั้นตอนนี้เป็นการปรับแก้ไขภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชตทั้งในระบบ Multispectral และผลิตภัณฑ์ Pan sharpened ซึ่งประกอบด้วย การปรับแก้ไขภาพเชิงเรขาคณิต โดยอ้างอิงกับรูปถ่ายทางอากาศออร์โธสี โดยใช้วิธี image to image registration กำหนดระบบพิกัดตำแหน่ง UTM WGS 84 zone48 โดยใช้รูปถ่ายทางอากาศออร์โธสีเป็นข้อมูลอ้างอิงระบบพิกัดไปสู่ภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชต จากนั้นทำการประมาณค่าของจุดภาพ(Resampling) เพื่อปรับภาพที่มีหลายระดับของความแยกชัด (Resolution) ด้วยวิธีการใช้ค่าของจุดภาพที่ใกล้ที่สุด(Nearest Interpolation) ภาพที่ถูกแก้ไขนำไปวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณต่อไป

- การวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ

การวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณเป็นการสร้างชุดข้อมูลภาพใหม่โดยมีผลให้ค่าจุดภาพในช่วงคลื่นแสงสว่างและอินฟาเรดใกล้มีความแตกต่างกันทำให้พื้นที่ที่เป็นพืชพรรณมีความคมชัดและสามารถนำไปบูรณาการร่วมกับข้อมูลอื่นง่ายต่อการตีความภาพ ดัชนีพืชพรรณที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอมัลไลซ์ (NDVI) (Lawrence & Ripple, 1998; Gu et al., 2007) ซึ่งคำนวณได้จากอัตราส่วนผลต่างของช่วงคลื่นอินฟาเรดใกล้และช่วงคลื่นสีแดงต่อผลบวกของช่วงคลื่นอินฟาเรดใกล้และช่วงคลื่นสีแดง สำหรับภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชตระบบ Multispectral มีสูตรการคำนวณดัชนีพืชพรรณ NDVI ดังสมการที่ 1

$$NDVI = (B4-B3) / (B4+B3) \quad (1)$$

โดยที่ B3 = ค่าการสะท้อนเชิงคลื่นในช่วงคลื่นสีแดง

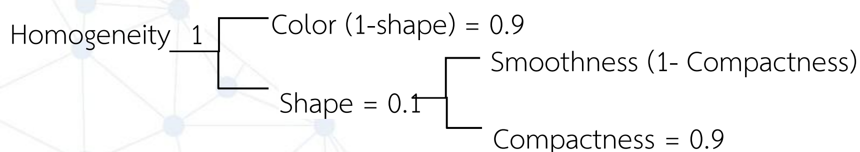
B4 = ค่าการสะท้อนเชิงคลื่นในช่วงคลื่นอินฟาเรดใกล้

3.3.3 จำแนกพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจหลักด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงวัตถุภาพ

ทำการจำแนกพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจหลักด้วยการวิเคราะห์เชิงวัตถุภาพ ด้วยโปรแกรม eCognition Developer 8.91 ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation) และการจำแนกพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจ ซึ่งทั้ง 2 ขั้นตอนได้ใช้การบูรณาการภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชตในระบบ Multispectral และ ผลิตภัณฑ์ Pansharpened และเลือกใช้ Feature ที่หลากหลายในการจำแนกพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยของทุกแบนด์ในภาพเชิงคลื่น(spectral band) ค่าเฉลี่ยของดัชนีพืชพรรณ NDVI ค่าเฉลี่ยของGLCM entropy (NDVI) ค่าเฉลี่ยของGLCM Correlation (NDVI) และค่าเฉลี่ยของข้อมูลความสูง SRTM รายละเอียด 90 เมตร เป็นต้น โดยอธิบายแต่ละขั้นตอนได้ดังนี้

- การแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation)

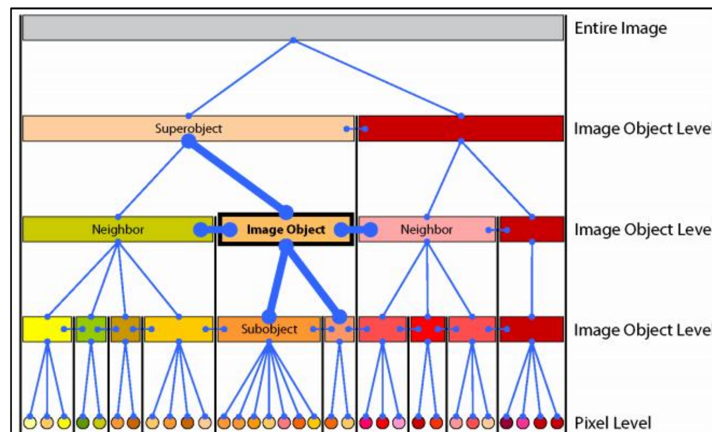
การแบ่งส่วนภาพเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการวิเคราะห์เชิงวัตถุภาพ การแบ่งส่วนภาพที่ดีสามารถให้ข้อสนเทศที่ถูกต้องมีความใกล้เคียงกับวัตถุมากที่สุด โดยในหลักการแบ่งส่วนภาพพิจารณาจากภาพที่มีลักษณะที่คล้ายคลึงกันให้เป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity Criterion) ซึ่งมีปัจจัยในการนำเข้าที่สำคัญ 3 ปัจจัย ได้แก่ Scale (มาตราส่วน) Shape (รูปร่าง) และ Compactness (การเกาะกลุ่ม) ซึ่งมีค่าส่วนแบ่งกับ Color (สี) และ Smoothness (ความราบเรียบ)ตามลำดับ ซึ่งจะมีผลรวมตามส่วนแบ่งเท่ากับ 1 ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การกำหนดค่าปัจจัยของการแบ่งส่วนภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชต ในการศึกษา

สำหรับการศึกษาครั้งนี้ทำการแบ่งส่วนภาพจากดาวเทียมไทยโชตผลิตภัณฑ์ Pansharpened ด้วยวิธี Multi-resolution Segmentation จาก B1 B2 B3 และ NDVI โดยกำหนดค่าน้ำหนักเท่ากับ 1, 1, 1 และ 2 ตามลำดับ สำหรับการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการกำหนดมาตราส่วนแบ่งภาพที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 150 100 50 และ 25 โดยแต่ละระดับได้กำหนดพารามิเตอร์ความเป็นเนื้อเดียวกันที่เหมือนกัน ได้แก่ Shape = 0.1 Compactness=0.9 (Color = 0.9 และ Smoothness=0.1) การแบ่งระดับมาตราส่วนแบ่งส่วนภาพตามลำดับชั้นออกเป็น 4 ระดับ นั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการจำแนกพืชเศรษฐกิจตามลำดับชั้น ในแต่ละประเภทต่อไป

การแบ่งส่วนภาพเพื่อสนับสนุนการจำแนกตามลำดับชั้นโดยได้ทำการแบ่งส่วนภาพ 4 ระดับ ด้วยวิธี Multi-resolution Segmentation นั้นสามารถอธิบายถึงลำดับความสัมพันธ์ตามลำดับชั้นของข้อมูลเชิงคลื่นและเชิงพื้นที่ การจำแนกตามลำดับชั้นเหมือนกับการจัดหมวดหมู่ และแสดงความสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุในระดับมาตราส่วนที่แตกต่างกันตามลำดับชั้น ดังภาพที่ 4

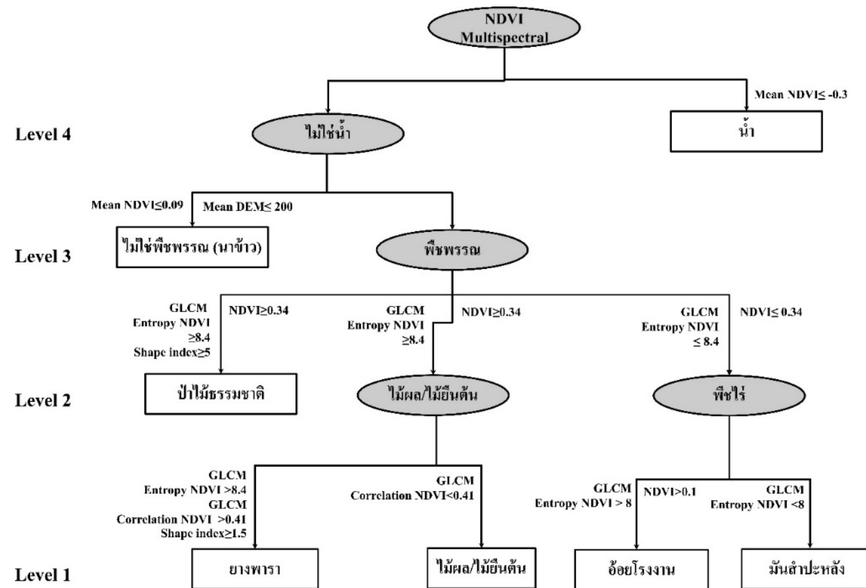


ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุภาพที่แบ่งส่วนตามหลักการลำดับชั้น (Definiens, AG., 2007)

- การจำแนกภาพ (Image Classification)

การจำแนกด้วยวิธีวิเคราะห์เชิงวัตถุภาพครั้งนี้ ได้ทำการพัฒนาชุดคำสั่งกฎฐาน (Rule set)จากคุณสมบัติของวัตถุภาพ (image object features) เช่น สถิติคุณสมบัติเชิงคลื่น เชิงพื้นที่ เนื้อภาพ และ DEM ในวิธีการสร้าง Rule set ประกอบด้วย การกำหนดช่วงค่าที่จะจำแนกด้วยวิธีฟังชั่นสมาชิก (membership functions) และการจำแนกสิ่งปกคลุมดินจากการกำหนดช่วงค่าสูงสุดและต่ำสุดด้วยวิธี Thresholds ภายใต้หลักการและเงื่อนไขการจำแนกลำดับชั้น ดังภาพที่ 5 ระดับที่ 4 จะถูกนำไปแบ่งส่วนภาพและจำแนกต่อจนถึงระดับที่ 1 เพื่อให้ได้พื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจ ดังนี้ ระดับที่ 4 มาตราส่วนเท่ากับ 150 เพื่อจำแนกพื้นที่น้ำและไม่ใช่น้ำ ระดับที่ 3 มาตราส่วนเท่ากับ 100 เพื่อจำแนกพื้นที่เป็นพืชพรรณและพื้นที่ไม่ใช่พืชพรรณหรือนาข้าว ระดับที่ 2 มาตราส่วนเท่ากับ 50 เพื่อจำแนกพื้นที่พืชไร่ ไม้ผลไม้ยืนต้นหรือพื้นที่ที่มีไม้ยืนต้นเป็นองค์ประกอบ

และพื้นที่ป่าไม้ธรรมชาติ และระดับที่ 1 มาตราส่วนเท่ากับ 25 เพื่อจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อย มันสำปะหลัง ยางพารา ไม้ผล ไม้ยืนต้น แสดงขั้นตอนการจำแนกเชิงวัตถุภาพตามลำดับชั้น ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการจำแนกเชิงวัตถุภาพตามลำดับชั้น

นอกการจำแนกพิชเศรษฐกิจด้วยวิธีวิเคราะห์เชิงวัตถุภาพตามลำดับชั้น ได้ใช้เทคนิคการวิเคราะห์เนื้อภาพ (Texture analysis) จากการสร้างเมตริกความสัมพันธ์ของระดับสีเทา (Grey level co-occurrence matrix: GLCM) ของชั้นข้อมูลดัชนีพืชพรรณ NDVI ตามทฤษฎีHaralick, et.al (1973)ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ได้นำเทคนิคการวิเคราะห์เนื้อภาพตามทฤษฎี Haralick โดยเลือกเนื้อภาพแบบ Entropy และ Correlation มีสูตรในการวิเคราะห์ดังสมการที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

$$Entropy = \sum_{i,j=0}^{N-1} P_{i,j}\,(-\ln P_{i,j}) \tag{2}$$

$$Correlation = \sum_{i,j=0}^{N-1} P_{i,j}\,\frac{(i-\mu_i)(j-\mu_j)}{\sqrt{{\sigma_i}^2+{\sigma_j}^2}} \tag{3}$$

j = ค่าระดับสีเทา ตั้งแต่ 0 ถึง 255 (พิกเซลใกล้เคียง)

I = ค่าระดับสีเทา ตั้งแต่ 0 ถึง 255 (พิกเซลอ้างอิง)

N = จำนวนของระดับสีเทาบนวัตถุที่สนใจ

Pi,j = ความน่าจะเป็นของพิกเซล ตำแหน่งแถวที่ i และ ตำแหน่งหลักที่ j

μi = ค่าเฉลี่ยระดับสีเทาพิกเซลอ้างอิง

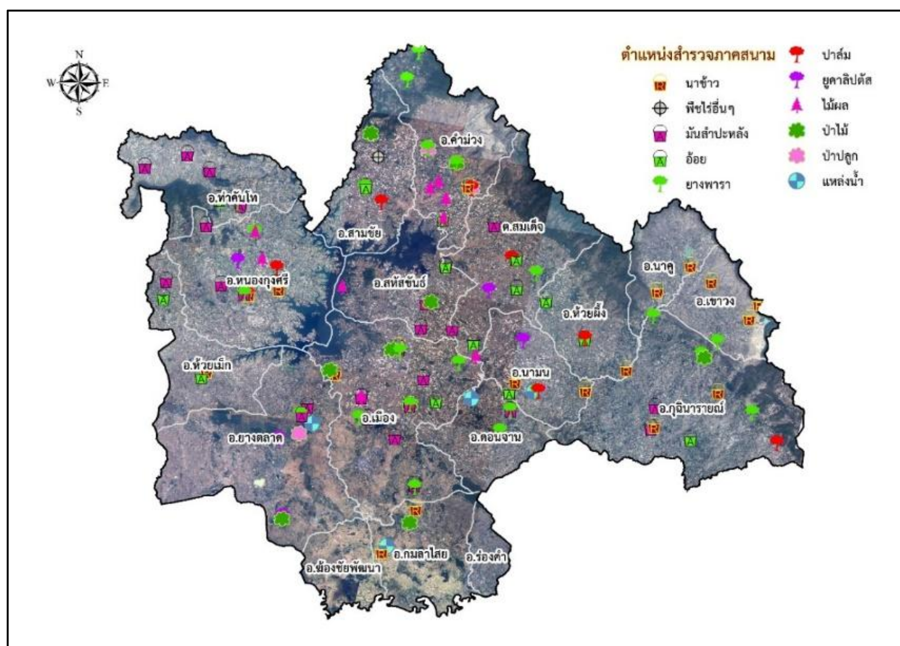
μj = ค่าเฉลี่ยระดับสีเทาพิกเซลใกล้เคียง

σi = ความเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าระดับสีเทาพิกเซลอ้างอิง

σj = ความเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับสีเทาพิกเซลใกล้เคียง

3.3.4 การสำรวจภาคสนาม

ข้อมูลในการสำรวจภาคสนามจะใช้เป็นข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความสอดคล้องระหว่างพื้นที่จริงผลการจำแนกพื้นที่ปลูกพืชเศรษบกิจด้วยวิธีวิเคราะห์เชิงวัตถุภาพ เพื่อประเมินความถูกต้องของการจำแนกด้วยค่าความสอดคล้องด้วยค่า Kappacoefficient (Cohen, J., 1960) ในการศึกษาครั้งนี้ได้เก็บข้อมูลรายแปลงปลูกพืชเศรษฐกิจ ได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง อ้อย ยางพารา ไม้ผลและไม้ยืนต้น ป่าไม้ แหล่งน้ำ จำนวนทั้งสิ้น 123 ตำแหน่ง ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ตำแหน่งสำรวจพืชเศรษฐกิจในภาคสนาม จังหวัดกาฬสินธุ์

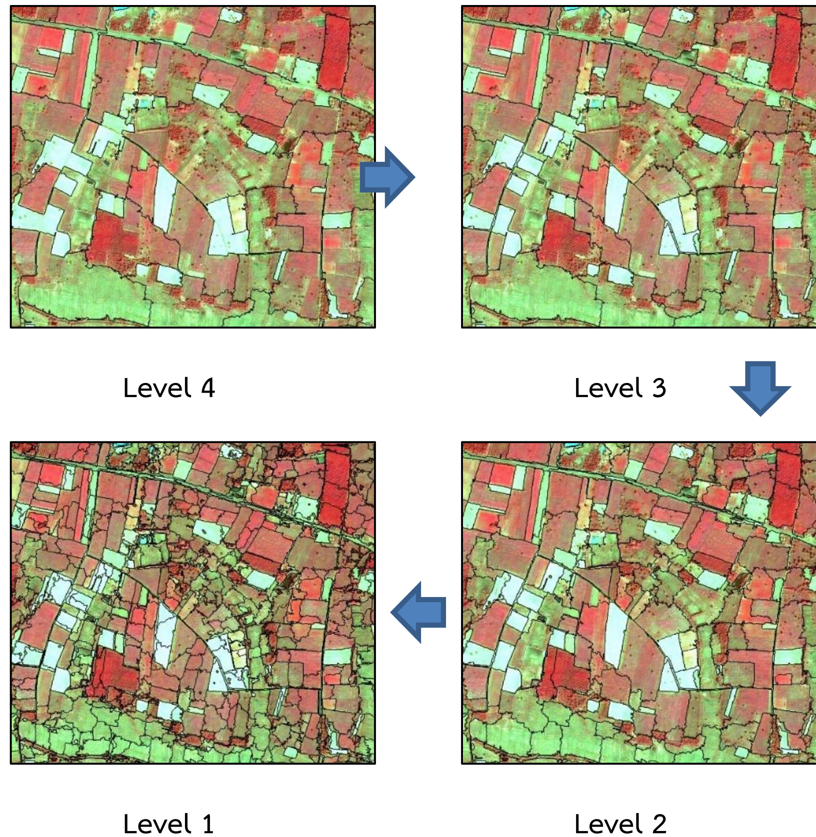
4. ผลการวิจัย

4.1 การวิเคราะห์พื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจด้วยวิธีวิเคราะห์เชิงวัตถุภาพ

4.1.1 การแบ่งส่วนภาพ

การจำแนกเชิงวัตถุภาพเป็นวิธีการที่มีรูปแบบการวิเคราะห์ที่ใกล้เคียงกับสายตามากกว่าเชิงจุดภาพ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้แบ่งระดับมาตราส่วนการแบ่งส่วนภาพออกเป็น 4 ระดับ จากระดับหยาบจนถึงละเอียด ได้แก่ ระดับ 4 3 2 และ 1

เท่ากับ 150 100 50 และ 25 ตามลำดับ เพื่อสนับสนุนการจำแนกตามลำดับชั้นเชิงวัตถุภาพ ผลการแบ่งส่วนภาพทั้ง 4 ระดับ มีความแตกต่างกันในด้านมาตราส่วนแต่ในขณะเดียวกันก็มีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกันระหว่างมาตราส่วนที่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 7 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของผลการแบ่งส่วนภาพในแต่ละระดับมาตราส่วน



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ของผลการแบ่งส่วนภาพในแต่ละระดับมาตราส่วน

4.1.2 การจำแนกภาพ

ผลการจำแนกพืชเศรษฐกิจด้วยวิธิจำแนกตามลำดับชั้นเชิงวัตถุภาพ แบ่งออกป็น ผลความแยกออกจากกันของการจำแนก และผลการจำแนกพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจด้วยวิธิจำแนกตามลำดับชั้นเชิงวัตถุภาพ อธิบายรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

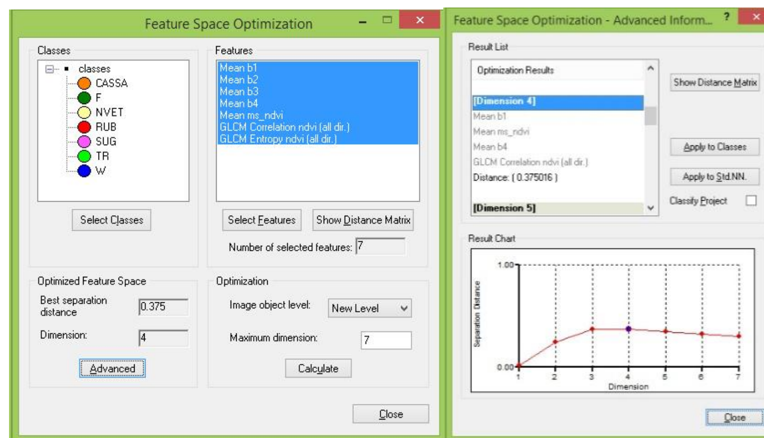
ความแยกออกจากกันของ feature และ featureที่เหมาะสมสำหรับการจำแนก

ผลการวิเคราะห์ความแยกออกจากกันของการจำแนก นาข้าว มันสำปะหลัง อ้อย ยางพารา ไม้ผล/ไม้ยืนต้น ป่าไม้ ที่อยู่อาศัย และพื้นที่แหล่งน้ำ โดยใช้ Mean B1, Mean B2, Mean B3, Mean B4, Mean NDVI Multispectral, GLCM Correlation NDVI, GLCM Entropy NDVI แสดงถึงการเปรียบเทียบ Dimension ที่ดีที่สุดด้วยค่า Separation distance จากภาพที่ 8 พบว่าDimensionที่ 4 มีค่า Separation distance ดีที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.375 ซึ่ง Dimension นี้ประกอบไปด้วย Mean B1, Mean NDVI Multispectral, Mean B4 และ GLCM Correlation NDVI ตามลำดับ

ผลการจำแนกพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจด้วยวิธิจำแนกตามลำดับชั้นเชิงวัตถุภาพ

ผลการจำแนกพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจด้วยวิธีวิเคราะห์ลำดับชั้นเชิงวัตถุภาพ ด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชต ในจังหวัดกาฬสินธุ์ แสดงดังตารางที่ 3 พบว่า จังหวัดกาฬสินธุ์ มีพื้นที่ปลูกข้าว มันสำปะหลังโรงงาน อ้อยโรงงาน ยางพารา ไม้ยืนต้นไม้ผล คิดเป็นร้อยละ 40.30 16.03 11.04 5.81 และ 6.64 ตามลำดับ แสดงการกระจายตัวของพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจ ดังภาพที่ 9

จังหวัดกาฬสินธุ์เป็นจังหวัดที่มีเขตพื้นที่ศักยภาพสำหรับปลูกพืชเศรษฐกิจได้หลายชนิดเนื่องจากมีลักษณะพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาด มีความหลากหลายของลักษณะภูมิประเทศและภูมิสัณฐาน พื้นที่นาข้าวมีพื้นที่มากที่สุดส่วนใหญ่กระจายตัวอยู่ในบริเวณพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงจนถึงพื้นที่ราบขั้นบันไดระดับต่ำ ใน อ. ยางตลาด อ.ฆ้องชัยพัฒนา อ.กมลาไสย อ.เขาวง และ อ.นามน พื้นที่ปลูกอ้อยโรงงานและมันสำปะหลังโรงงานกระจายตัวอยู่ทั่วไปในบริเวณพื้นที่ดอนระบายน้ำดี เป็นพืชเศรษฐกิจที่ยังได้รับความสนใจจากเกษตรกร เนื่องจากมีโรงงานน้ำตาลและโรงแป้งมันสำปะหลังรองรับ ได้แก่ โรงงานน้ำตาลมิตรกาฬสินธุ์ และโรงงานน้ำตาลในจังหวัดอุดรธานี ซึ่งมีที่ตั้งใกล้กับพื้นที่ศักภาพปลูกอ้อย ทางด้านทิศตะวันตกของจังหวัดกาฬสินธุ์ ใน อ.ท่าคันโท และ อ.หนองกุงศรี สำหรับพื้นที่ปลูกยางพาราที่มีเขตศักยภาพเดียวกันกับพื้นที่ปลูกอ้อยและมันสำปะหลังนั้นพบว่าในอำเภอที่มีโรงงานน้ำตาลและแป้งมันสำปะหลังรองรับนั้นยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปปลูกยางพารามากนัก พื้นที่ปลูกยางพาราส่วนใหญ่จะกระจายตัวอยู่ในบริเวณพื้นที่ราบขั้นบันดระดับสูงจนถึงพื้นที่ลาดเชิงเขา ใน อ. ห้วยผึ้ง อ.กุฉินารายณ์ และตอนล่างของ อ.ท่าคันโท เป็นต้น



Class Separation Distance Matrix For Selected Features

Class/Class	W	NVET	SUG	CASSA	RUB	TR	F
W	0.000000	7.110108	9.942043	12.391509	15.694883	11.765356	21.211690
NVET	7.110108	0.000000	1.551694	1.681914	3.706851	3.056301	5.692490
SUG	9.942043	1.551694	0.000000	0.599233	0.724306	1.254575	2.284527
CASSA	12.391509	1.681914	0.599233	0.000000	1.629574	2.684079	3.787884
RUB	15.694883	3.706851	0.724306	1.629574	0.000000	0.382108	0.518342
TR	11.765356	3.056301	1.254575	2.684079	0.382108	0.000000	0.303501
F	21.211690	5.692490	2.284527	3.787884	0.518342	0.303501	0.000000

reduce expand Close

ภาพที่ 8 การเปรียบเทียบ Dimension ที่ดีที่สุดด้วยค่า Separation distance

ตารางที่ 3 ผลการจำแนกพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจด้วยวิธีจำแนกตามลำดับชั้นเชิงวัตถุภาพ ในจังหวัดกาฬสินธุ์

ประเภทการใช้ที่ดิน	เนื้อที่	
	ตร.กม.	ร้อยละของ
นาข้าว	2.796.96	40.31
มันสำปะหลังโรงงาน	1.112.25	16.03
อ้อยโรงงาน	765.89	11.04
ยางพารา	403.07	5.81
ไม้ยืนต้นไม้ผล	460.93	6.64
ป่าไม้	736.35	10.61
ที่อยู่อาศัย	333.29	4.80
แหล่งน้ำ	329.27	4.75
รวม	**6.938.00**	**100.00**

4.2 การสำรวจภาคสนามและตรวจสอบความถูกต้อง

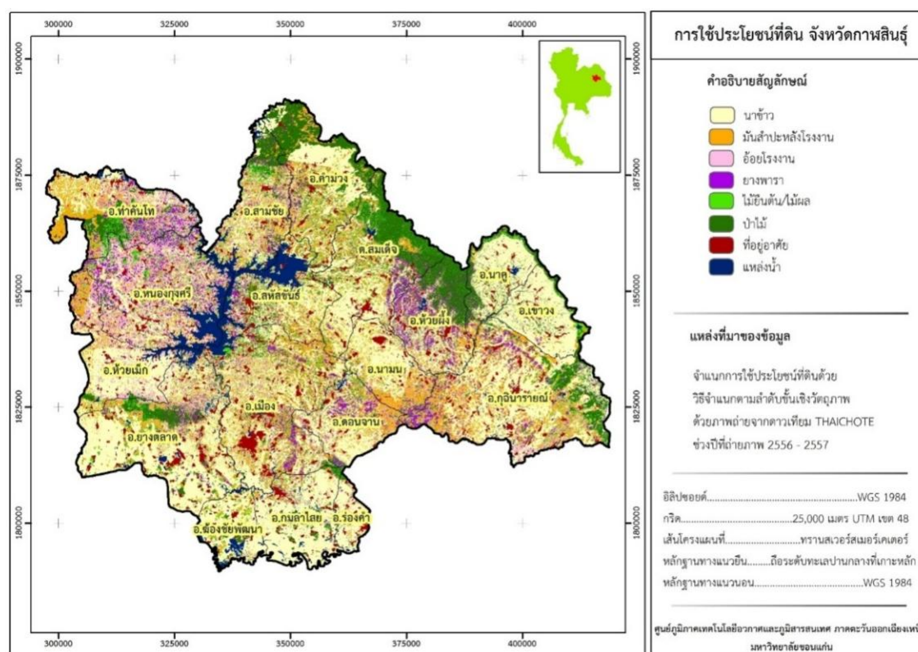
ผลการจำแนกถูกนำมาตรวจสอบความสอดคล้องกับการสำรวจภาคสนาม ด้วยค่าสัมประสิทธิ์Kappa coefficientซึ่งการตรวจสอบความถูกต้องระหว่างการจำแนกเชิงวัตถุภาพกับการสำรวจภาคสนาม มีค่าความสอดคล้อง Kappa coefficientเท่ากับ 0.82 ความถูกต้องเชิงจำแนกมีค่าเท่ากับ 1.00 1.00 0.85 0.85 0.64 0.90 และ 0.66 ความถูกต้องเชิงผู้ใช้มีค่าเท่ากับ 0.71 0.82 1.00 0.94 0.94 0.70 และ 1.00 สำหรับการจำแนกพื้นที่พืชเศรษฐกิจ นาข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ยางพารา ไม้ผล/ไม้ยืนต้น พื้นที่ป่าไม้ และแหล่งน้ำ ตามลำดับ แสดงตาราง Confusion matrix ระหว่างการจำแนกตามลำดับชั้นเชิงวัตถุภาพกับการสำรวจภาคสนาม ดังตารางที่ 4 ซึ่งพบว่า พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังยังมีความแยกไม่ออกจากกันจากพื้นที่ปลูกอ้อย เนื่องจากมีพื้นที่ปลูกในเขตศักยภาพเดียวกัน ซึ่งเกษตรกรสามารถเลือกปลูกชนิดใดก็ได้ตามต้นทุนที่มีและราคาที่ขายได้ และพบว่าพื้นที่ปลูกยางพาราแยกไม่ออกจากกันจากพื้นที่ป่าไม้และไม้ผลไม้ยืนต้น ส่วนไม้ผลไม้

ยืนต้นมีความแยกไม่ชัดจากพื้นที่ปลูกอ้อยและนาข้าว ตามลำดับ แสดงลักษณะแปลงสำรวจพืชเศรษฐกิจในพื้นที่จริงที่สัมพันธ์กับผลจำแนกด้วยวิธีวิเคราะห์เชิงวัตถุภาพ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 4 Confusion matrix ระหว่างผลการจำแนกด้วยวิธีวิเคราะห์เชิงวัตถุภาพและการสำรวจภาคสนาม

Classification data	Reference data						
	A1	A2	A3	A4	A5	F	W
A1	**23**	0	2	1	4	1	1
A2	0	**14**	1	0	2	0	0
A3	0	0	**23**	0	0	0	0
A4	0	0	0	**18**	1	0	0
A5	0	0	1	0	**16**	0	0
F	0	0	0	2	2	**9**	0
W	0	0	0	0	0	0	**2**
Producer's accuracy	1.00	1.00	0.85	0.85	0.64	0.90	0.66
User's accuracy	0.71	0.82	1.00	0.94	0.94	0.70	1.00
Overall accuracy	85.36						
Kappa index	0.82						

*หมายเหตุ A1 = นาข้าว,A2 = อ้อย,A3 = มันสำปะหลัง,A4 = ยางพารา,A5 = ไม้ผล/ไม้ยืนต้น,F = ป่าไม้,W = แหล่งน้ำ



ภาพที่ 9 พื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจจำแนกด้วยวิธีวิเคราะห์ตามลำดับชั้นเชิงวัตถุภาพ ในจังหวัดกาฬสินธุ์

ตารางที่ 5 แปลงสำรวจพืชเศรษฐกิจในพื้นที่จริงที่สัมพันธ์กับผลจำแนกด้วยวิธีวิเคราะห์เชิงวัตถุภาพ

จุดสำรวจที่	พิกัด UTM	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	ที่ตั้งแปลง	ภูมิสัณฐาน	ภาพถ่ายพื้นที่จริง	ผลการจำแนกและภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชต
001	48Q X:312238 Y:1832651	อ้อย/มัน	ต.กุดโดน อ.ห้วยเม็ก จ.กาฬสินธุ์	ที่ราบขั้นบันไดระดับกลาง		001
004	48Q X:320656 Y:1847149	มัน/อ้อย	ต.โคกเครือ อ.หนองกุงศรี จ.กาฬสินธุ์	ที่ราบขั้นบันไดระดับกลาง		004 003
014	48Q X:316101 Y:1863696	ยางพารา	ต.นาตาล อ.ท่าคันโท จ.กาฬสินธุ์	พื้นที่ที่ถูกกัดกร่อนบริเวณที่ราบเชิงเขา		014
021	48Q X:352767 Y:1865855	พุทรา	ต.โพน อ.คำม่วง จ.กาฬสินธุ์	ที่ราบขั้นบันไดระดับกลาง		021
029	48Q X:359460 Y:1866296	นาข้าว	ต.นาบอน อ.คำม่วง จ.กาฬสินธุ์	ที่ราบขั้นบันไดระดับกลาง		029
040	48Q X:359980 Y:1828758	แหล่งน้ำ	ต.ดงพยุง อ.ดอนจาน จ.กาฬสินธุ์	แหล่งน้ำ		040
047	48Q X:371432 Y:1850875	ยางพารา	ต.ลำห้วยหลัว อ.สมเด็จ จ.กาฬสินธุ์	ที่ราบขั้นบันไดระดับกลาง		047
078	48Q X:329525 Y:1822569	สัก/เต็งรัง	ต.บัวบาน อ.ยางตลาด จ.กาฬสินธุ์	ที่ราบขั้นบันไดระดับสูง		078

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การจำแนกพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจหลัก ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ยางพารา และไม้ผลและไม้ยืนต้น จากภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชตด้วยวิธีการจำแนกตามลำดับชั้นเชิงวัตถุภาพ ในจังหวัดกาฬสินธุ์ โดยการผสมผสานภาพในระบบหลายช่วงคลื่น(Multispectral) รายละเอียด 15 เมตร ในช่วง ปี พ.ศ. 2555-2557 จำนวน 5 ภาพ กับผลิตภัณฑ์ Pan sharpened รายละเอียด 2 เมตร ในช่วง ปี พ.ศ. 2554– 2557 จำนวน 56 ภาพ โดยในขั้นตอนประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมเบื้องต้น การจำแนกพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจด้วยวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้นเชิงวัตถุภาพโดยแบ่งออกเป็นขั้นตอนการแบ่งส่วนภาพ (Image segmentation) และจำแนกภาพ(Image classification) และทำการตรวจสอบความสอดคล้องของผลการจำแนกกับการสำรวจการใช้ประโยชน์ที่ดินในภาคสนาม 123 ตำแหน่ง ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ Kappa coefficient ผลการศึกษาพบว่า การแบ่งส่วนภาพทั้ง 4 ระดับสามารถสนับสนุนการจำแนกตามลำดับชั้นเชิงวัตถุภาพ ผลการแบ่งส่วนภาพทั้ง 4 ระดับ มีความแตกต่างกันในด้านมาตราส่วนแต่ในขณะเดียวกันก็มีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกันระหว่างมาตราส่วนที่แตกต่างกัน และผลการจำแนกพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจด้วยวิธีวิเคราะห์ลำดับชั้นเชิงวัตถุภาพ พบว่าจังหวัดกาฬสินธุ์ มีพื้นที่ปลูกข้าว มันสำปะหลังโรงงานอ้อยโรงงานยางพาราไม้ยืนต้นไม้ผล คิดเป็นร้อยละ 40.30 16.03 11.04 5.81 และ 6.64 ตามลำดับ เมื่อนำมาตรวจสอบความสอดคล้องกับการสำรวจภาคสนาม ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ Kappa coefficient พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.82

การจำแนกพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจด้วยวิธีการจำแนกตามลำดับชั้นเชิงวัตถุภาพ ด้วยการพัฒนา Rule set เป็นขั้นตอนที่สำคัญ เพื่อให้การกำหนดช่วงค่าที่มีความถูกต้อง ผู้จำแนกจะต้องเข้าใจในสภาพพื้นที่ เช่น ความสัมพันธ์ของช่วงเวลาถ่ายภาพกับชีพลักษณ์ของพืช สภาพภูมิประเทศ การทำการเกษตร ในพื้นที่ที่ทำการจำแนก เป็นต้น เช่น พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังที่ยังมีความแยกไม่ชัดจากพื้นที่ปลูกอ้อย ซึ่งมีพื้นที่ปลูกในเขตศักยภาพเดียวกัน เกษตรกรสามารถเลือกปลูกชนิดใดก็ได้ตามต้นทุนที่มีและราคาที่ขายได้ การเลือกใช้ภาพตามปฏิทินการเพาะปลูกในช่วงเจริญเติบโตเต็มที่พร้อมเก็บเกี่ยวก็จะทำให้ความถูกต้องของการจำแนกถูกต้องมากยิ่งขึ้น สำหรับพื้นที่ปลูกยางพาราเมื่อตรวจสอบความสอดคล้องกับภาคสนามพบว่าพื้นที่ปลูกยางพาราหนุ่มและยางแก่ยังมีความแยกไม่ชัดกับพื้นที่ป่าไม้เนื่องจากทรงพุ่มที่ครอบคลุมพื้นที่ทำให้มีค่าการสะท้อนช่วงคลื่นที่ใกล้เคียงกับพื้นที่ป่าไม้ การเลือกใช้ภาพในช่วงการเปิดกรีดโดยที่ยางผลิใบปกคลุมพื้นที่ในขณะที่พื้นที่ป่าเริ่มผลัดใบในช่วงปลายเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน หรือเลือกใช้ภาพช่วงเดือนยางพาราผลัดใบในขณะที่ป่ายังไม่ผลัดใบในช่วงปลายเดือนธันวาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ สำหรับพื้นที่ปลูกไม้ยืนต้นที่แยกไม่ออกกับพื้นที่ปลูกอ้อยและนาข้าวเนื่องจากไม้ผลที่ทำรายได้ให้กับจังหวัดกาฬสินธุ์ได้แก่ มะม่วงและพุทรา ซึ่งมีระยะห่างระหว่างต้นและแถวที่ระยะ 6 * 8 และ 5 * 5 เมตร ตามลำดับ ซึ่งมีเปอร์เซนต์การปกคลุมทรงพุ่ม ไม่ครอบคลุมทั้งพื้นที่ ทำให้มีค่าการสะท้อนของดินมากกกว่าพืชพรรณ ดังนั้นจึงมีความแยกไม่ชัดกับพื้นที่ปลูกพืชไร่และนาข้าวอยู่ ซึ่งการแก้ไขอาจใช้ภาพระบบ Panchromatic หรือ Pan sharpened ที่มีรายละเอียดสูงและสามารถเห็นระยะห่างระหว่างต้นแถวและร่องปลูกของไม้ผลอย่างชัดเจนมาช่วยในขั้นตอนหลังการจำแนกให้ผลมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. (2541). **การใช้ประโยชน์ที่ดินของประเทศไทย.แผนที่การใช้ประโยชน์การใช้ประโยชน์ที่ดิน มาตราส่วน 1:1,000,000**. กรุงเทพฯ. กองวางแผนการใช้ที่ดิน.

กรมอุตุนิยมวิทยา. (2542-2551). **สถิติข้อมูลปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ (ข้อมูลดิจิตอล)**. กระทรวงคมนาคม.

รัศมี สุวรรณวีระกำธร, วาสนา พุฒกลาง, อุราวรรณ จันทร์เกษ, พัทยา คำแดง และ พงษ์เทพ วรรณรส. (2557). การวิเคราะห์พื้นที่ปลูกยางพารา บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง, **สัมนาวิชาการเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศเพื่อการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ**, 11-13 กันยายน 2557, จังหวัดชลบุรี

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2558). สศก. ร่วมกับ 8 สถาบัน จัดทำข้อมูลที่ดินการเกษตรจากภาพถ่ายออร์โธสี1:4,000. **ค้นเมื่อวันที่ 21 สิงหาคม 2558**. บทความออนไลน์ จาก http://www.beta.ryt9.com/ s/oae/870413

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2554). **หนังสือแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจากภาพถ่ายทางอากาศออร์โธสี มาตราส่วน 1:4,000 ปี 2545**. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2555). **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2555**. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2543).**แผนที่แสดงเขตอำเภอ ตำบล เทศบาล และข้อมูลพื้นฐานของจังหวัด พ.ศ. 2543**. สำนักงานสถิติแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี

สุทัศน์ สุรวาณิช. (2550). สำรวจพืชด้วยการประยุกต์ Object Oriented กับ Knowledge-based, **การประชุมวิชาการ การแผนที่และภูมิสารสนเทศแห่งชาติ ประจำปี 2550 กรุงเทพฯ**

สุดา สุวรรณชาตรี, เกริกชัย ทองหนูและ เชาวน์ ยงเฉลิมชัย. (2555). การพัฒนาวิธีการจำแนกเชิงวัตถุของช่วงชั้นอายุต้นยางพาราจากภาพถ่ายดาวเทียมธีออส,**การประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50**, กรุงเทพฯ, 2555, หน้า 410-417

Anan,T., Phothiracha,Y., and Phoompanich, S. (2010). Retrieving oil palm plantation based on image texture analysis on THEOS panchromatic imagery, **31st Asian Conference on Remote Sensing 2010**, ACRS 2010 Volume 2, 2010, 1089-1093.

Blaschke, T. (2010). Object based image analysis for remote sensing. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, **65**(1), 2–16.

Charoenjit, K., Zuddas, P., and Allemand, P. (2014). Estimation of Biomass and Carbon Stocks in Rubber Plantation Using Thaichote Satellite Imagery, **EGU General Assembly Conference**.

Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. **Educational and Psychological Measurement**, **20**, 37-46.

Definiens AG. (2007). **User Guide**, Germany.

Ekadinata, A., & Vincent, G. (2011). Rubber agroforests in a changing landscape: Analysis of land use/cover trajectories in Bungo district, Indonesia. **Forests Trees and Livelihoods**, **20**(1), 3–14.

Gu, Y., Brown, J.F., Verdin, J.P. & Wardlow, B. (2007). A five-year analysis of MODIS NDVI andNDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States. **Geophysical Research Letters**, **34**, L 06407.

Haralick, R. M., K. Shanmugam, and I. Dinstein. (1973). “Textural Features for Image Classification” **IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics**,**3**(6), 610–621.

Lawrence, R. L. & Ripple, W.J. (1998). Comparisons among Vegetation Indices and Bandwise Regression in a Highly Disturbed, Heterogeneous Landscape. **Remote Sensing of Environment**, **64**, 91-102.

Rodriguez, E., C.S. Morris, and E. Belz.. (2006). A global assessment of the SRTM performance, **Photogrammetric Engineering & RemoteSensing**, **72**(2), 249–261.

Shiba M. and Itaya A. (2006). Using eCognition for improve forest management and monitoring systems in precision forestry. **IUFRO Precision Forestry Conference 2006**, Stellenbosch University, Africa.

Slater, J.A., G. Garvey, C. Johnston, J. Haase, B. Heady, G. Kroenung, and J. Little. (2006). The SRTM data finishing process andproducts, **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, **72**(2), 237–248.

ผลการซ่อนข้อมูลลับต่อความถูกต้องของการจำแนกข้อมูล

Effects of Hiding Secret Images on the Accuracy of Image Classification

คัมภีร์ ธีระเวช

Kumpee Teeravech

สาขาวิชาภูมิสารสนเทศ คณะวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ตำบลท่าช้าง อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี 22000

โทรศัพท์: 086-6229272 / e-mail: kumpee.t@rbru.ac.th, kumpee.teeravech@yahoo.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้ศึกษาผลกระทบของการอำพรางข้อมูลในภาพถ่ายดาวเทียมที่มีต่อความถูกต้องของข้อมูลที่จำแนกได้ งานวิจัยนี้ซ่อนข้อมูลภาพลับ (ข้อมูลภาพแบบไบนารีและแบบเฉดสีเทา) ลงในภาพถ่ายจากดาวเทียมแบบ มัลติสเปกตรัมโดยใช้เทคนิคด้านวิทยาการอำพรางข้อมูล (steganography) การทดลองทำด้วยการซ่อนข้อมูลภาพที่ต้องการลงในภาพถ่ายดาวเทียมโดยการใช้เทคนิคการอำพรางที่บิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (least significant bit : LSB) การซ่อนข้อมูลลับลงในภาพถ่ายดาวเทียมนั้นทำด้วยการซ่อนข้อมูลครั้งละหนึ่งแบนด์ หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลภาพเหล่านี้ไปจำแนกข้อมูลด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแลเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการซ่อนข้อมูล แต่ละแบบ สุดท้ายจึงเปรียบเทียบความถูกต้องที่ได้กับภาพที่ไม่ได้มีการซ่อนข้อมูล ผลการทดลองพบว่า ความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกข้อมูลภาพที่มีการอำพรางข้อมูลนั้นเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับผลการจำแนกข้อมูลภาพต้นฉบับที่ไม่มีการอำพรางข้อมูล

คำสำคัญ : วิทยาการอำพรางข้อมูล, วิทยาการเข้ารหัสลับ, การจำแนกข้อมูลภาพ

ABSTRACT

This paper studies effects of hiding information into a satellite image on the accuracy of the classified images. This study hides the secret images, which are binary and grayscale images, into the multispectral satellite image using the stegranography technique. The secret images are embedded into the satellite image using the least significant bit (LSB) technique. The secret images are hidden in the satellite image in a band-by-band style. The modified satellite images are then classified using the supervised classification technique. The accuracies of these images are compared with the accuracy of the original satellite image. The results show that the overall accuracy of the modified images are slightly different from the original image.

KEY WORDS : Steganography, Cryptography, Image classification

1. บทนำ

วิทยาการเข้ารหัสข้อมูล (cryptography) เป็นเทคนิคการปกปิดข้อมูลที่จะสื่อสารด้วยการเปลี่ยนแปลงเนื้อหาของข้อมูลนั้นให้อยู่ในรูปที่ผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องจะไม่สามารถเข้าใจความหมายของสารที่ได้รับได้ แต่ในทางตรงกันข้ามวิทยาการอำพรางข้อมูล (steganography) เป็นเทคนิคที่ใช้เพื่อการซ่อนหรืออำพรางข้อมูลลับไปกับสารโดยผู้รับสังเกตไม่เห็นข้อมูลลับนั้น มีงานวิจัยหลายชิ้นแสดงให้เห็นว่าเราสามารถอำพรางข้อมูลลงในสื่อต่าง ๆ ได้ ไม่ว่าจะเป็นเสียง (Delforouzi and Pooyan, 2008) หรือภาพดิจิทัล (Ahmed and Rizwan, 2013) โดยเทคนิคอย่างง่ายแบบหนึ่งที่นิยมใช้ในการอำพรางข้อมูลคือการอำพรางข้อมูลลับลงในบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (least significant bit: LSB) (Cvejic and Seppanen, 2004) หรืออาจจะใช้

เทคนิคที่มีความซับซ้อนกว่าเช่นการวิเคราะห์สัญญาณภาพที่แปลงไปอยู่ใน โดเมนอื่น (Delforouzi and Pooyan, 2008; Song et al., 2012) และการใช้ทฤษฎีกราฟ (Fazli et al., 2010; Thanikaiselvan et al, 2013) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ใช้เพื่อตรวจสอบว่ามีการอำพรางข้อมูลมาหรือไม่ (Luo et al., 2008; Rawat and Bhandari, 2013)

ประโยชน์อย่างหนึ่งของการอำพรางข้อมูลในด้านการรับรู้จากระยะไกลก็คือเราสามารถซ่อนข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการประกาศลิขสิทธิ์ความเป็นเจ้าของภาพหรืออาจจะใช้เพื่อติดตามแหล่งที่มาของข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งโดยทั่วไปข้อมูลเกี่ยวกับภาพถ่ายจากดาวเทียมนั้นมักจะอยู่ในรูปของแฟ้มเมต้าดาต้า (metadata) หรืออาจจะฝังอยู่ในข้อมูลส่วนหัว (header) ของแฟ้มภาพก็ได้ แต่ในกรณีของแฟ้มเมต้าดาต้าที่เป็นแฟ้มข้อความนั้นผู้ใช้จะสามารถแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงข้อมูลเหล่านี้ได้โดยง่าย และในกรณีของข้อมูลส่วนหัวของแฟ้มนั้นก็อาจจะถูกเปลี่ยนแปลงหรือสูญหายได้จากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบแฟ้ม (file format) ดังนั้นการใช้เทคนิคการอำพรางข้อมูลจึงน่าจะมีความเหมาะสมมากกว่า เพราะข้อมูลลับจะอำพรางลงไปในข้อมูลต้นฉบับโดยผู้ใช้ไม่อาจจะแก้ไขได้โดยง่าย

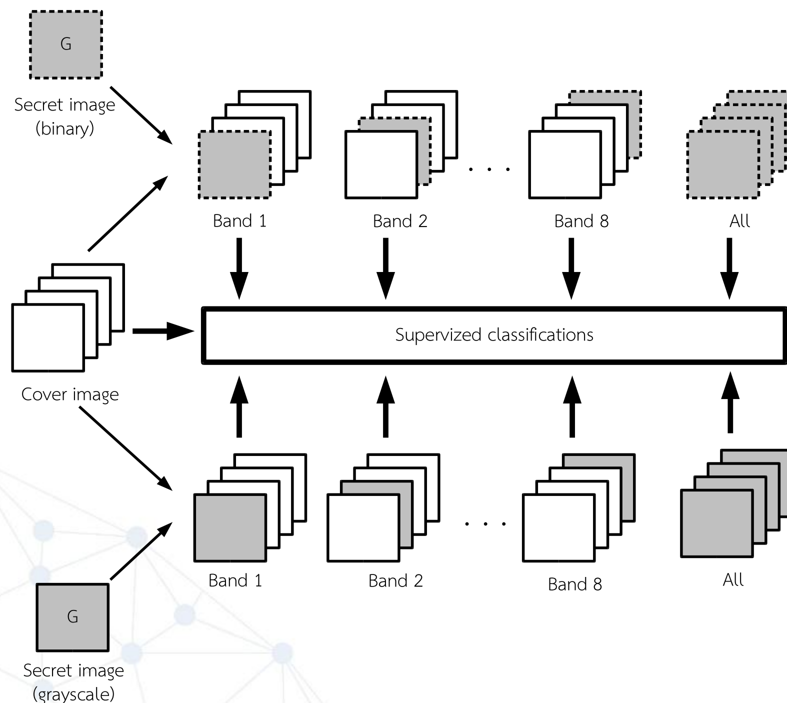
อย่างไรก็ตาม จุดประสงค์อย่างหนึ่งของการใช้งานภาพถ่ายจากดาวเทียมคือการจำแนกข้อมูลเพื่อสร้างเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับงานด้านต่าง ๆ ดังนั้นความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลจึงเป็นสิ่งสำคัญ และเนื่องจากการอำพรางข้อมูลจะทำให้ค่าดีเอ็น (digital number: DN) ของภาพถ่ายจากดาวเทียมเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม จึงน่าจะส่งผลต่อความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลที่ได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาว่าการอำพรางข้อมูลลับลงไปในภาพถ่ายจากดาวเทียมนั้นจะมีผลอย่างไรกับความถูกต้องของการจำแนกข้อมูล

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลจากการอำพรางข้อมูลลับลงในภาพถ่ายจากดาวเทียมที่มีต่อความถูกต้องของการจำแนกข้อมูล

3. วิธีการวิจัย

รูปที่ 1 แสดงแนวคิดโดยรวมของงานวิจัยนี้ซึ่งรายละเอียดของกระบวนการต่าง ๆ มีดังต่อไปนี้



รูปที่ 1 ภาพรวมของวิธีการทดลอง

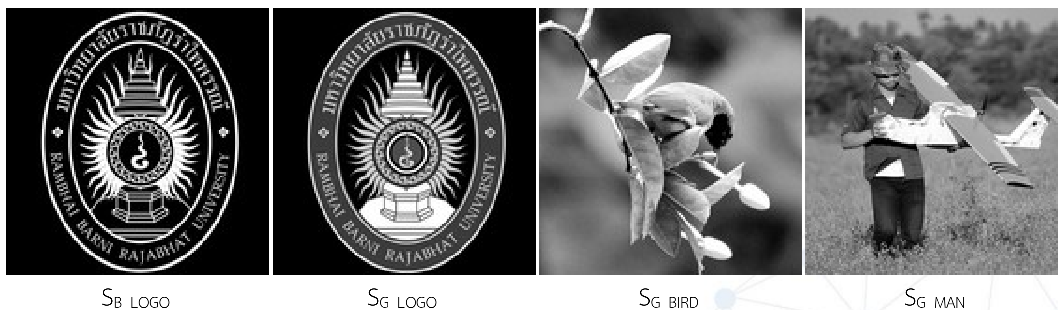
3.1 ข้อมูลภาพ

ในวิทยาการอำพรางข้อมูล เราจะเรียกข้อมูลภาพที่ไม่ต้องการให้ผู้ใช้เห็นว่าภาพลับ (secret image) และจะเรียกภาพที่ใช้อำพรางข้อมูลว่าภาพปก (cover image) ซึ่งจะทำหน้าที่ปกปิดหรือกลบเกลื่อนร่องรอยการอำพรางข้อมูล ในงานวิจัยนี้ภาพปกจะเป็นภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท-8[1] (LANDSAT-8) ซึ่งเป็นภาพที่ถ่ายเมื่อวันที่ 26 มกราคม 2557 โดยที่ แนว/แถว (path/row) เท่ากับ 127/51 ครอบคลุมพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศไทยและอ่าวไทย ข้อมูลต้นฉบับเป็นแบบ 16 บิตต่อพิกเซล ภาพมีขนาด 7721x7531 พิกเซล ซึ่งผู้วิจัยได้ซับเซต (subset) ภาพลงเป็นขนาด 512x512 พิกเซล และเนื่องจากแลนด์แซท-8 มีความละเอียดเชิงพื้นที่แตกต่างกันระหว่าง 15 และ 30 เมตร ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้เฉพาะแบนด์ที่มีความละเอียด 30 เมตร นั่นคือแบนด์ 1-7, 9, 10 และ 11 เท่านั้น และในเนื้อหาส่วนต่อ ๆ ไปจะเรียกชื่อแบนด์เหล่านี้ว่าแบนด์ 1, 2, ..., 10 ตามลำดับโดยไม่สนใจดัชนีแบนด์ดั้งเดิม รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษาซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่าภาพ C



รูปที่ 2 ภาพอินพุตที่ใช้ในการทดลอง (ซ้าย) ภาพต้นฉบับ และ (ขวา) ภาพที่ใช้ในการทดลอง

สำหรับภาพลับที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีสองแบบ คือภาพลับแบบไบนารี่ (binary image) และแบบเฉดสีเทา (gray scale) ในงานวิจัยนี้ภาพลับแบบไบนารี่จะเป็นภาพแบบหนึ่งบิตต่อพิกเซลที่มีค่าดีเอ็นเป็นศูนย์หรือหนึ่ง และภาพลับเฉดสีเทานั้นจะเป็นภาพแบบแปดบิตต่อพิกเซลซึ่งค่าดีเอ็นจะอยู่ในช่วง [0, 255]



S_{B_LOGO} S_{G_LOGO} S_{G_BIRD} S_{G_MAN}

รูปที่ 3 ภาพลับที่ใช้ในการทดลอง

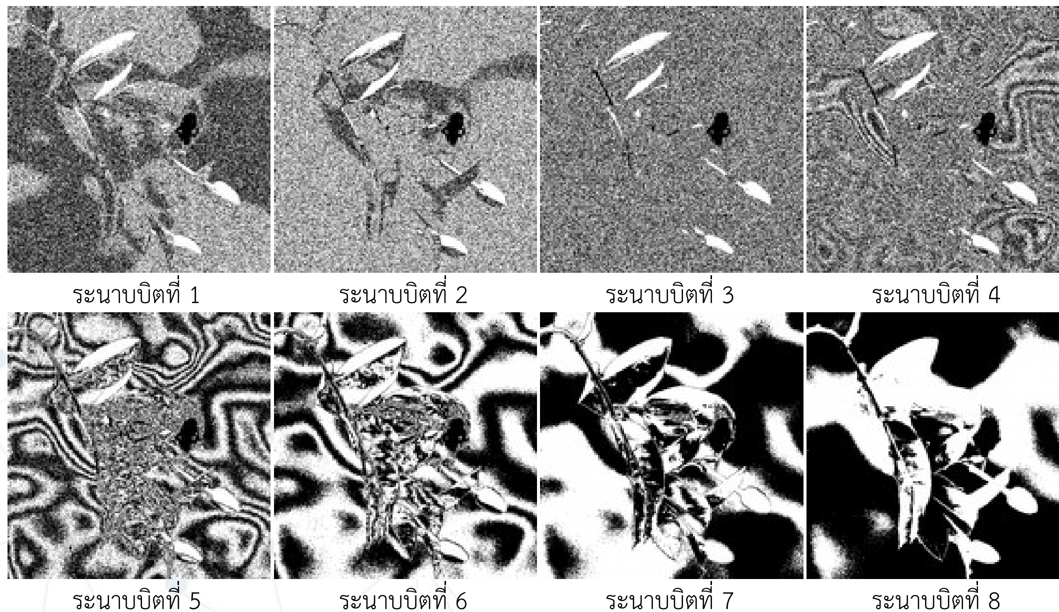
1 USGS Product, http://earthexplorer.usgs.gov/

รูปที่ 3 แสดงภาพลับทั้งสองแบบที่ใช้ในงานวิจัยนี้ โดยภาพ (ซ้าย) (จะเขียนแทนด้วย S_{B_LOGO}) เป็นตราสัญลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีซึ่งผู้วิจัยสมมุติให้เป็นตราสัญลักษณ์ของหน่วยงานแบบไบนารี่ที่จะ อำพรางลงไปในภาพ และภาพที่เหลืออีกจำนวนสามภาพเป็นภาพถ่ายเฉดสีเทา ภาพแรกเป็นภาพตราสัญลักษณ์แบบเฉดสีเทา (จะเขียนแทนด้วย S_{G_LOGO}), ภาพถ่ายนก (เขียนแทนด้วย S_{G_BIRD}) และภาพถ่ายคน (S_{G_MAN}) ผู้วิจัยกำหนดให้ทั้งสามภาพนี้เป็นตัวแทนของภาพถ่ายทั่วไปที่จะอำพรางลงไปในภาพ งานวิจัยนี้กำหนดให้ภาพลับทั้งสามภาพมีขนาด 512x512 พิกเซลเท่ากับภาพถ่ายจากดาวเทียมพอดี

3.2 วิธีการอำพรางข้อมูล

งานวิจัยนี้เลือกใช้เทคนิคแอลเอสบี ซึ่งขั้นตอนการอำพรางข้อมูลเริ่มต้นด้วยการกำหนดข้อมูลภาพปก (ภาพ C) ซึ่งในที่นี้คือภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซท-8 ซึ่งมีทั้งหมด 10 แบนด์ หลังจากนั้นจึงนำภาพลับแบบไบนารี (ภาพ S_{B_LOGO}) มา อำพรางลงในภาพถ่ายจากดาวเทียมทีละแบนด์ โดยในกรณีของภาพลับแบบไบนารี่ (ซึ่งต้องการใช้ข้อมูลจัดเก็บเพียงบิตเดียว) จะใช้ภาพลับไบนารีภาพเดิมในการอำพรางข้อมูลกับทุก ๆ แบนด์ การดำเนินการจะเริ่มที่แบนด์ที่หนึ่ง ซึ่งการอำพรางข้อมูลแบบเอ็มเอสบีจะทำด้วยการกำหนดให้บิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุดของทุกพิกเซลมีค่าเป็นศูนย์ หลังจากนั้นจึงนำค่าดีเอ็นของ C(x, y) และ $S_{B_LOGO}(x, y)$ ที่ตำแหน่ง (x, y) มาเปรียบเทียบกันด้วยตัวดำเนินการระดับบิต (bitwise operator) แบบ OR ทำเช่นนี้จนครบทุกพิกเซล ซึ่งในที่นี้จะเขียนแทนภาพที่ดำเนินการเสร็จแล้วเป็น P_{B_1} ซึ่งหมายถึงภาพผลลัพธ์ที่มีการฝังข้อมูลลับแบบไบนารี่ลงในแบนด์ที่หนึ่ง (แต่แบนด์อื่น ๆ ที่เหลือไม่เปลี่ยนแปลง) ผู้วิจัยวนรอบดำเนินการเช่นนี้กับแบนด์ที่เหลือเพื่อให้ได้ภาพ P_{B_2} ถึง P_{B_8} ซึ่งสองแบนด์สุดท้ายของภาพต้นฉบับนั้นจะไม่มีการฝังข้อมูลลงไป นอกจากนี้แล้วยังเพิ่มภาพสุดท้ายด้วยการซ่อนข้อมูลลงไปแปดแบนด์พร้อมกัน (เขียนแทนด้วย P_{B_ALL})

ในกรณีของการซ่อนภาพลับแบบเฉดสีเทานั้น ผู้วิจัยได้ปรับปรุงคุณภาพของภาพลับต้นฉบับเพื่อให้ขอบเขตข้อมูลของภาพกระจายอยู่ในช่วง [0, 255] ซึ่งจะทำให้ค่าดีเอ็นครอบคลุมทั้งหมดแปดบิต และจะเขียนแทนภาพที่มีการอำพรางข้อมูลเฉดสีเทาว่า P_{G_LOGO}, P_{G_BIRD} และ P_{G_MAN} ซึ่งการซ่อนข้อมูลแบบเฉดสีเทามีลักษณะการดำเนินการคล้ายคลึงกับภาพลับแบบไบนารี่ เพียงแต่ในกรณีของภาพลับแบบไบนารี่นั้นต้องการพื้นที่บันทึกข้อมูลแปดบิต ดังนั้นผู้วิจัยจึงกระจายระนาบบิตของภาพลับแบบเฉดสีเทาออกเป็นภาพไบนารี่จำนวนแปดภาพ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 4 ซึ่งแสดงระนาบบิตที่หนึ่งถึงแปดของภาพลับ S_{G_BIRD}



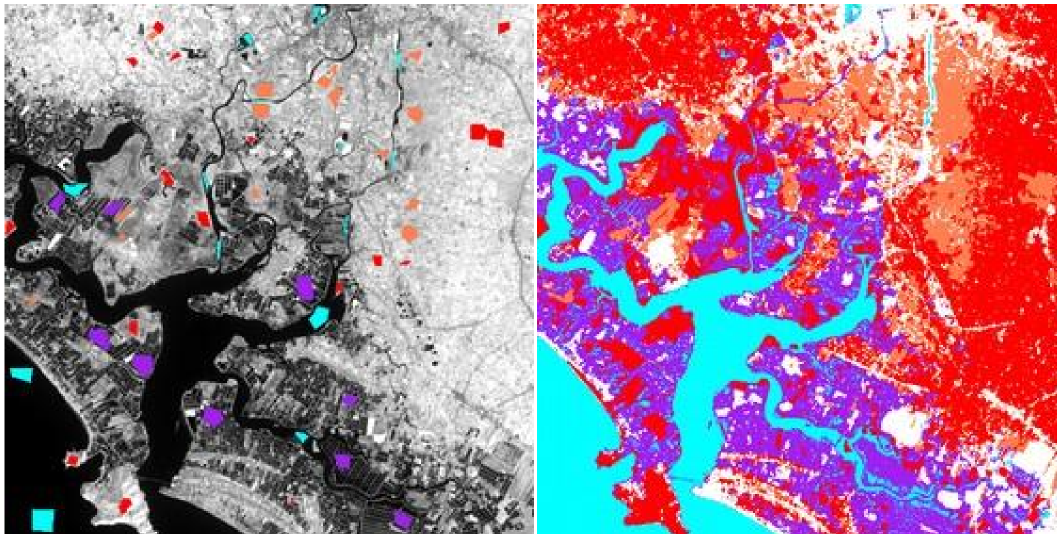
รูปที่ 4 ระนาบบิตของภาพลับ S_{G_BIRD}

3.3 การสกัดข้อมูล

การสกัด (extract) ข้อมูลลับออกจากภาพที่มีการอำพรางข้อมูล (ภาพ P_B และ P_G) ทำได้ด้วยการสกัดระนาบบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุดออกมาจากภาพอินพุต โดยจะเริ่มด้วยการเตรียมบัฟเฟอร์สำหรับเก็บภาพผลลัพธ์ที่สกัดได้ให้มีขนาดเท่ากับภาพอินพุต (ในกรณีนี้คือมีขนาด 512x512 พิกเซล) และกำหนดค่าดีเอ็นเริ่มต้นให้มีค่าเท่ากับศูนย์ทั้งภาพ หลังจากนั้นจึงวนรอบอ่านค่าดีเอ็นจากภาพอินพุตทีละพิกเซลแล้วนำค่าที่อ่านได้นี้ไปสกัดหาค่าดีเอ็นของภาพลับ (ซึ่งฝังอยู่ที่บิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด) ออกจากค่าดีเอ็นของภาพอินพุตได้ด้วยการดำเนินการระดับบิตแบบ AND กับค่า 00000001_2 โดยถ้าหากอินพุตเป็นภาพลับแบบไบนารี่แล้วเราจะนำค่าที่สกัดได้นี้ไปเก็บลงบัฟเฟอร์เพื่อแปลงเป็นภาพผลลัพธ์ได้ทันทีเพราะภาพลับแบบไบนารี่ต้องการข้อมูลเพียงบิตเดียว แต่ในกรณีของภาพลับแบบเฉดสีเทาซึ่งเป็นแบบแปดบิตต่อพิกเซลนั้นจะต้องใช้ข้อมูลบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุดของภาพที่มีการอำพรางข้อมูลแล้วแบนด์ที่หนึ่งถึงแปดมาประกอบกันโดยเรียงตามลำดับแบนด์จึงจะได้เป็นข้อมูลดีเอ็นของภาพลับแบบเฉดสีเทา

3.4 การจำแนกข้อมูล

การจำแนกข้อมูลทำด้วยการนำภาพต้นฉบับและภาพที่มีการอำพรางข้อมูลแล้วมาจำแนกข้อมูล โดยในกรณีของภาพต้นฉบับนั้นจะนำไปจำแนกข้อมูลได้ทันที และสำหรับภาพที่มีการอำพรางข้อมูลนั้นผู้วิจัยเริ่มต้นทดลองด้วยการนำข้อมูลภาพที่มีการอำพรางภาพลับไบนารี่ในแบนด์ที่หนึ่ง (ภาพ P_{B_1} ซึ่งแบนด์ที่สองถึงสิบยังคงเป็นข้อมูลเดิมจากภาพต้นฉบับไม่มีการเปลี่ยนแปลง) ไปจำแนกข้อมูลแล้วบันทึกผลการจำแนกข้อมูลเก็บไว้ ลำดับต่อไปเป็นการทดลองครั้งที่สองด้วยการนำข้อมูลภาพที่มีการอำพรางข้อมูลในแบนด์ที่สอง (แบนด์ที่หนึ่งและแบนด์ที่สามถึงสิบเป็นข้อมูลเดิมจากภาพต้นฉบับ) ไปจำแนกข้อมูล ทำเช่นนี้จนครบถึงแบนด์ที่แปด หลังจากนั้นจึงทดลองกับภาพที่มีการฝังข้อมูลลับแบบเฉดสีเทามาด้วยขั้นตอนเดียวกัน ทั้งนี้ในการจำแนกข้อมูลแต่ละครั้งนั้นผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลทั้งสิบแบนด์ในการจำแนกข้อมูลซึ่งทำด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแลแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (maximum likelihood) โดยงานวิจัยนี้แบ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็นห้าคลาสประกอบด้วย พื้นที่เพาะปลูก/ป่า, สิ่งปลูกสร้าง, ที่ว่าง, นากุ้งและน้ำ โดยมีจำนวนข้อมูลในพื้นที่ตัวอย่าง (training area) ของแต่ละคลาสเป็น 1475, 1000, 1486, 1846 และ 1511 พิกเซลตามลำดับ รูปที่ 5 (ซ้าย) แสดงพื้นที่ตัวอย่างและ (ขวา) ผลการจำแนกข้อมูลภาพต้นฉบับซึ่งจะใช้ฐานสำหรับการเปรียบเทียบกับภาพที่มีอำพรางข้อมูลลับแบบต่าง ๆ



รูปที่ 5 การจำแนกข้อมูล (ซ้าย) พื้นที่ตัวอย่าง และ (ขวา) ผลการจำแนกข้อมูลภาพต้นฉบับ สีฟ้าหมายถึงน้ำ, สีม่วงหมายถึงนากุ้ง, สีแดงหมายถึงพื้นที่เพาะปลูก/ป่า, สีแดงอ่อนหมายถึงที่ว่าง และสีขาวหมายถึงสิ่งปลูกสร้าง

4. ผลการทดลอง

4.1 การสกัดข้อมูลลับ

การสกัดข้อมูลลับออกจากภาพตามขั้นตอนที่อธิบายมาในหัวข้อ 3.3 นั้นให้ผลลัพธ์ตามที่แสดงในรูปที่ 6 โดยภาพแถวบนเป็นภาพลับต้นฉบับและแถวล่างแสดงภาพลับที่สกัดออกมาได้ ผลการสกัดข้อมูลพบว่าภาพที่สกัดได้นั้นมีค่าดีเอ็นเหมือนกับภาพต้นฉบับทุกประการ



รูปที่ 6 ข้อมูลที่สกัดได้ (แถวบน) ภาพลับต้นฉบับ และ (แถวล่าง) ภาพลับที่สกัดออกมาได้

4.2 การตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกข้อมูล

งานวิจัยนี้ตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลด้วยการใช้พิกเซลที่อยู่ในพื้นที่ตัวอย่างเป็นข้อเท็จจริงภาคพื้นดิน (ground truth from ROIs) (ซึ่งในกรณีนี้คือพื้นที่ตัวอย่างทั้งหมดตามที่แสดงในรูปที่ 5) จากนั้นจึงคำนวณหาความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy: OA) ด้วยคอนฟิวชั่นเมทริกซ์ (confusion matrix) ซึ่งแม้ว่าการนำข้อมูลจากพื้นที่ตัวอย่างชุดเดียวกันนี้มาทดสอบความถูกต้องเช่นนี้อาจจะทำให้ความถูกต้องที่คำนวณได้มีความคลาดเคลื่อนได้เนื่องจากข้อมูลชุดนี้ได้ถูกนำไปใช้ในขั้นตอนการให้กลุ่มตัวอย่างกับอัลกอริทึมไปแล้ว แต่ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือต้องการเปรียบเทียบความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลภาพที่มีการอำพรางข้อมูลว่าความถูกต้องนั้นเปลี่ยนแปลงหรือเบี่ยงเบนไปจากภาพที่ไม่มีการอำพรางข้อมูลอย่างไร ดังนั้นผู้วิจัยจึงอนุมานว่าค่าความถูกต้องของภาพต้นฉบับที่ไม่มีข้อมูลอำพรางอยู่นั้นเป็นค่าที่ถูกต้อง มีความน่าเชื่อถือ และผู้วิจัยใช้ค่าความถูกต้องของภาพต้นฉบับนี้เป็นค่าอ้างอิง (reference) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของความถูกต้องจากภาพที่มีการอำพรางข้อมูลทุกแบบ

ผลการทดลองพบว่าภาพ C (ภาพที่ไม่มีข้อมูลอำพรางอยู่) มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 92.9079% (Kappa = 0.9107) ตารางที่ 1 แสดงค่าความถูกต้องโดยรวมและ Kappa ของภาพที่มีการอำพรางทุกแบบ จากตารางที่ 1 จะเห็นว่าความถูกต้องของภาพ P_{B_LOGO} และ P_{G_LOGO} อยู่ในช่วง [92.9079, 92.9352], ภาพ P_{G_BIRD} และ P_{G_MAN} อยู่ในช่วง [92.8942, 92.9762] ใกล้เคียงกัน สำหรับค่าเฉลี่ยของความถูกต้องโดยรวมของ P_{B_LOGO}, P_{G_LOGO}, P_{G_BIRD} และ P_{G_MAN} มีค่าเท่ากับ 92.9185, 92.9155, 92.9246 และ 92.9231 ตามลำดับ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของภาพทั้งสี่มีค่าเท่ากับ 0.0114, 0.0099, 0.0234, และ 0.0221 ตามลำดับ จากผลลัพธ์นี้แสดงให้เห็นว่าภาพ P_{G_LOGO} มีความถูกต้องที่ใกล้เคียงกับภาพ C มากที่สุด ตามด้วยภาพ P_{B_LOGO}, P_{G_MAN} และภาพ P_{G_BIRD} มีความถูกต้องแตกต่างจากภาพต้นฉบับ C มากที่สุด

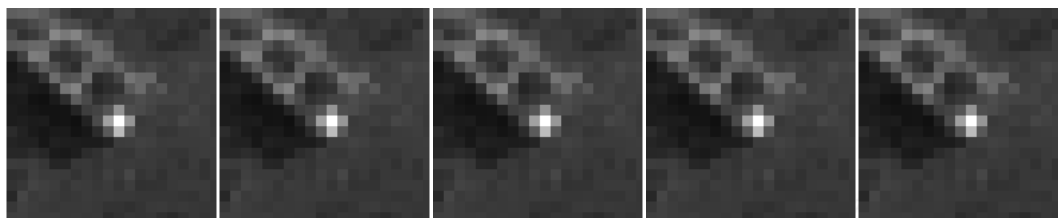
ตารางที่ 1 ความถูกต้องโดยรวมและ Kappa ของภาพที่มีการอำพรางข้อมูล ตัวเลขสีแดงแสดงผลลัพธ์ที่ไม่แตกต่างจากภาพ C ซึ่งเป็นภาพที่ไม่มีการอำพรางข้อมูล (ตารางนี้แสดงเฉพาะผลของการซ่อนข้อมูลที่แปดแบนด์แรกเนื่องจากแบนด์ที่เก้าและสิบไม่มีการอำพรางข้อมูล)

	P_{B_LOGO}		P_{G_LOGO}		P_{G_BIRD}		P_{G_MAN}	
	OA (%)	Kappa	OA (%)	Kappa	OA (%)	Kappa	OA (%)	Kappa
ALL	92.9352	0.9111	92.9216	0.9109	92.9762	0.9116	92.9762	0.9116
แบนด์ 1	92.9216	0.9109	92.9216	0.9109	92.9352	0.9111	92.9216	0.9109
แบนด์ 2	92.9216	0.9109	92.9079	0.9107	92.9079	0.9107	92.9216	0.9109
แบนด์ 3	92.9079	0.9107	92.9216	0.9109	92.9216	0.9109	92.9216	0.9109
แบนด์ 4	92.9079	0.9107	92.9079	0.9107	92.9079	0.9107	92.8942	0.9106
แบนด์ 5	92.9079	0.9107	92.9079	0.9107	92.8942	0.9106	92.9079	0.9107
แบนด์ 6	92.9079	0.9107	92.9352	0.9111	92.9216	0.9109	92.9216	0.9109
แบนด์ 7	92.9352	0.9111	92.9079	0.9107	92.9216	0.9109	92.9216	0.9109
แบนด์ 8	92.9216	0.9109	92.9079	0.9107	92.9352	0.9111	92.9216	0.9109
เฉลี่ย	**92.9185**	**0.9109**	**92.9155**	**0.9108**	**92.9246**	**0.9109**	**92.9231**	**0.9109**
STD	**0.0114**	**0.0002**	**0.0099**	**0.0001**	**0.0234**	**0.0003**	**0.0221**	**0.0003**

5. อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

5.1 ความแตกต่างจากภาพต้นฉบับ

เมื่อใช้การสังเกตด้วยสายตาเพื่อหาความแตกต่างระหว่างภาพต้นฉบับ C กับภาพที่มีการอำพรางข้อมูลนั้น พบว่าไม่สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างด้วยสายตาได้ สาเหตุอาจจะเนื่องมาจากข้อมูลของแลนด์แซท-8 นั้นเก็บข้อมูลแบบ 16 บิตต่อพิกเซล ซึ่งมีช่วงค่าที่เป็นไปได้ระหว่าง [0, 65535] ในขณะที่การอำพรางแบบเอ็มเอสบีนั้นจะทำให้ค่าดีเอ็นเปลี่ยนแปลงค่าระหว่าง [0, 1] หรือเปลี่ยนแปลงจากเดิมได้อย่างมากเพียงค่าประมาณ 1/65536 หรือประมาณ 0.001% เท่านั้น ซึ่งอาจจะถือได้ว่าน้อยมากจนสายตามนุษย์อาจจะแยกแยะความแตกต่างที่เกิดขึ้นได้ยากแม้ว่าจะมีการปรับปรุงคุณภาพ (enhance) เพื่อเพิ่มคอนทราสของภาพแล้วก็ตาม



(ก)	(ข)	(ค)	(ง)	(จ)
C	P_{B_LOGO}	P_{G_LOGO}	P_{G_BIRD}	P_{G_MAN}
DN_L = 11055	DN_L = 11054	DN_L = 11054	DN_L = 11054	DN_L = 11054
DN_C = 11917	DN_C = 11916	DN_C = 11917	DN_C = 11917	DN_C = 11916
DN_R = 11013	DN_R = 11013	DN_R = 11013	DN_R = 11013	DN_R = 11013

รูปที่ 7 ความแตกต่างของพิกเซลภาพ ตัวอย่างนี้แสดงข้อมูลของแบนด์ที่หนึ่ง ค่า DN_C หมายถึงค่าดีเอ็นของพิกเซลที่อยู่กึ่งกลางภาพ, DN_L และ DN_R หมายถึงค่าดีเอ็นของพิกเซลที่อยู่ด้านซ้ายและขวาของ DN_C ตามลำดับ

รูปที่ 7 (ก) แสดงภาพต้นฉบับ, (ข) ภาพที่มีการอำพรางข้อมูลไบนารี่ และ (ค) - (จ) ภาพที่มีการอำพรางข้อมูลเฉดสีเทา เมื่อพิจารณาด้วยสายตาจะสังเกตไม่เห็นความแตกต่างระหว่างทั้งสามภาพได้ แต่เมื่อตรวจสอบค่าดีเอ็นแล้วจะพบว่าข้อมูลภาพทั้งสี่นี้แตกต่างกันจริง

สำหรับการวิเคราะห์ลำดับต่อไปเพื่อดูว่าภาพที่มีการอำพรางข้อมูลลงไปนั้นมีความแตกต่างจากภาพต้นฉบับอย่างไรบ้าง ผู้วิจัยได้คำนวณความแตกต่างระหว่างภาพต้นฉบับกับภาพที่มีการอำพรางข้อมูลและคำนวณอัตราส่วนสัญญาณรบกวนสูงสุด (peak signal to noise ratio : PSNR) ด้วยสูตร

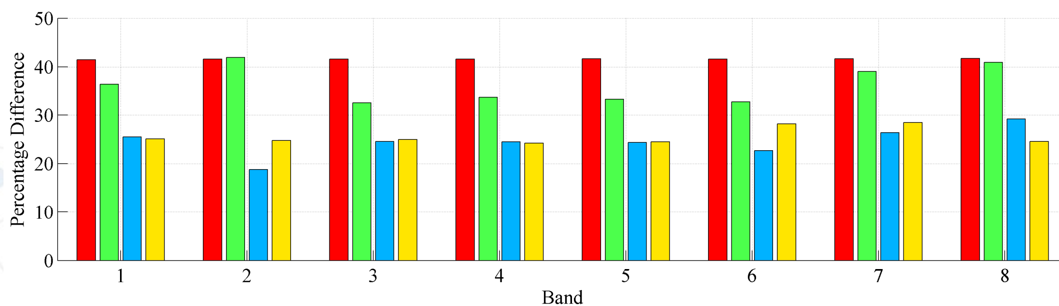
$$MSE = \frac{1}{MN}\sum_1^M \sum_1^N (C - S)^2 \quad (1)$$

$$PNSR = 10\log_{10}\left(\frac{2^{16}}{MSE}\right) \quad (2)$$

เมื่อ M และ N คือขนาดขนาดภาพ, C คือภาพต้นฉบับและ S คือภาพลับ ตารางที่ 2 แสดงค่าที่คำนวณได้ ดังนี้

ตารางที่ 2 ความแตกต่างจากภาพต้นฉบับ (%) และอัตราส่วนสัญญาณรบกวนสูงสุด (dB)

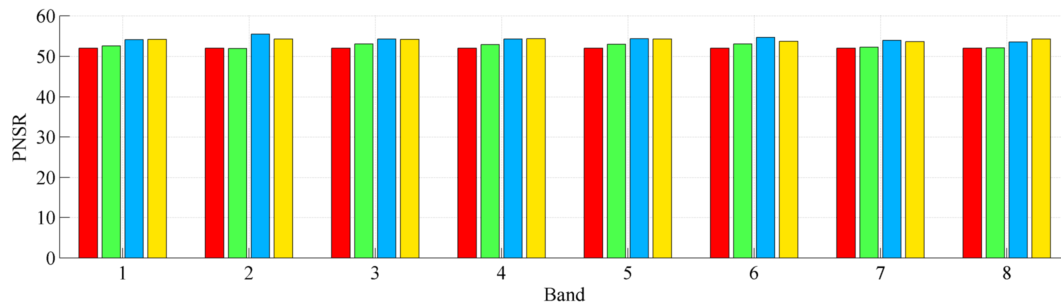
	P_{B_LOGO}		P_{G_LOGO}		P_{G_BIRD}		P_{G_MAN}	
	%	dB	%	dB	%	dB	%	dB
แบนด์ 1	41.46	51.99	36.41	52.55	25.46	54.11	25.08	54.17
แบนด์ 2	41.61	51.97	41.90	51.94	18.77	55.43	24.70	54.24
แบนด์ 3	41.55	51.98	32.56	53.04	24.56	54.26	24.96	54.19
แบนด์ 4	41.58	51.98	33.75	52.88	24.45	54.28	24.17	54.33
แบนด์ 5	41.64	51.97	33.33	52.94	24.36	54.30	24.47	54.28
แบนด์ 6	41.57	51.98	32.81	53.00	22.64	54.62	28.14	53.67
แบนด์ 7	41.66	51.97	39.05	52.25	26.37	53.95	28.43	53.63
แบนด์ 8	41.68	51.97	40.93	52.04	29.14	53.52	24.54	54.27
เฉลี่ย	**41.59**	**51.97**	**36.34**	**52.58**	**24.47**	**54.31**	**25.56**	**54.10**
STD	**0.07**	**0.01**	**3.81**	**0.45**	**2.98**	**0.55**	**1.71**	**0.28**



รูปที่ 8 กราฟเปรียบเทียบความแตกต่างจากภาพต้นฉบับ (%) สีแดงหมายถึง P_{B_LOGO}, สีเขียวหมายถึง P_{G_LOGO}, สีฟ้าหมายถึง P_{G_BIRD} และสีเหลืองหมายถึง P_{G_MAN}

รูปที่ 8 เปรียบเทียบร้อยละของความแตกต่าง จะเห็นได้ว่าค่าดีเอ็นของภาพ P_{B_LOGO} (สีแดง) นั้นมีความแตกต่างมากกว่าภาพที่มีการอำพรางข้อมูลลับเฉดสีเทา P_{G_BIRD} (สีฟ้า) และ P_{G_MAN} (สีเหลือง) อย่างเห็นได้ชัด ในขณะที่ค่าดีเอ็นของภาพ P_{G_LOGO} (สีเขียว) ซึ่งแม้ว่าจะเป็นเฉดสีเทาแต่ก็มีความแตกต่างจากภาพเฉดสีเทาที่เหลือมาก และภาพ P_{G_BIRD} (สีฟ้า) มี

ความแตกต่างจากภาพต้นฉบับน้อยสุด

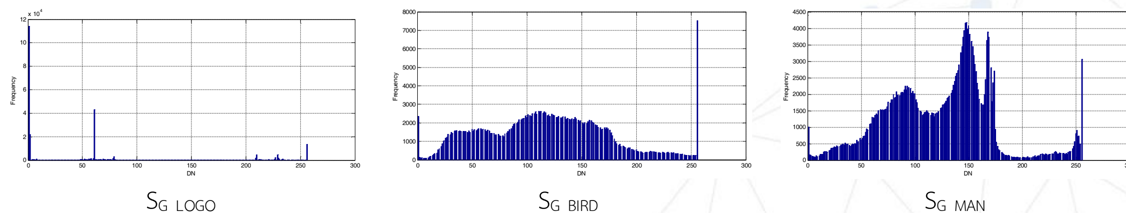


รูปที่ 9 อัตราส่วนสัญญาณรบกวนสูงสุด (dB) สีแดงหมายถึง P_{B_LOGO}, สีเขียวหมายถึง P_{G_LOGO}, สีฟ้าหมายถึง P_{G_BIRD} และสีเหลืองหมายถึง P_{G_MAN}

รูปที่ 9 เปรียบเทียบอัตราส่วนสัญญาณรบกวนสูงสุดของภาพทุกแบบเมื่อเทียบกับภาพต้นฉบับ จากกราฟจะเห็นได้ว่าภาพลับไบนารี่ P_{B_LOGO} มีอัตราส่วนสัญญาณรบกวนสูงสุดน้อยกว่าแบบอื่น ๆ ทุกกรณี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระดับสัญญาณรบกวนในภาพนี้มีค่อนข้างมากและมีค่าใกล้เคียงกับภาพ P_{G_LOGO} ในขณะที่ภาพลับเฉดสีเทา P_{G_BIRD} และ P_{G_MAN} นั้นมีอัตราส่วนสัญญาณรบกวนสูงสุดสูงกว่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสัญญาณรบกวนในสองภาพนี้มีน้อยกว่าสองภาพแรก ในกรณีนี้ P_{G_BIRD} ให้ค่าที่ดีที่สุด สอดกล้องกับรูปที่ 8 ซึ่ง P_{G_BIRD} มีความแตกต่างน้อยสุด

5.2 ความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลเมื่อเทียบกับภาพอ้างอิง

จากรูปที่ 8 เราจะเห็นได้ว่าภาพที่มีการอำพรางภาพลับตราสัญลักษณ์ P_{B_LOGO} และ P_{G_LOGO} ทั้งสองภาพนั้นมีความแตกต่างจากภาพต้นฉบับมากกว่าภาพลับแบบอื่น ซึ่งอาจจะเป็นเพราะภาพลับสองภาพนี้เป็นกราฟิกส์ที่มีสีพื้น (สีดำ) ปรากฏในภาพค่อนข้างมาก ในกรณีของภาพลับ S_{G_LOGO} นั้นมีการกระจายตัวของค่าดีเอ็นน้อยกว่า S_{G_BIRD} และ S_{G_MAN} ดังข้อมูลฮิสโทแกรมที่แสดงในรูปที่ 10 นอกจากนั้นแล้วภาพลับ S_{G_LOGO} ยังมีบริเวณที่เป็นสีพื้นหลัง (สีดำ) จำนวนมาก ค่าดีเอ็นสีดำ (หรือ 0) นี้จะทำให้การเซตบิตสำคัญน้อยสุดในขั้นตอนแรก ๆ นั้นกลายเป็นเลขคู่ และมีค่าสีพื้นหน้า (หรือ 1) ไม่มากนัก จึงทำให้โอกาสที่ค่าดีเอ็นจะกลับมาเป็นค่าเดิมนั้นน้อยกว่าภาพลับเฉดสีเทาแบบอื่น สำหรับในกรณีของ S_{G_BIRD} และ S_{G_MAN} นั้นเราจะเห็นว่าข้อมูลในระนาบบิตกระจายตัวมากกว่าในกรณีของ S_{G_LOGO} (ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 4 และรูปที่ 10) ดังนั้นจึงทำให้พิกเซลในภาพปกมีโอกาสที่จะได้ค่าดีเอ็นค่าเดิมคืนกลับมาได้มากกว่า จึงอาจจะทำให้ความแตกต่างที่คำนวณได้มีน้อยกว่ากรณีของ S_{G_BIRD} และ S_{G_MAN} อย่างไรก็ตามเมื่อพิจาณาตารางที่ 2 จะเห็นว่าภาพที่มีการอำพรางภาพลับตราสัญลักษณ์ P_{B_LOGO} และ P_{G_LOGO} นั้นให้ข้อมูลที่เหมือนกับภาพต้นฉบับได้มากกว่าการอำพรางด้วยภาพลับเฉดสีเทา S_{G_BIRD} และ S_{G_MAN} อย่างไรก็ตามความแตกต่างของความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลของภาพเหล่านี้มีค่าน้อยมาก ดังนั้นจากผลการทดลองดังกล่าวเราอาจจะสรุปได้ว่า เราสามารถซ่อนข้อมูลภาพลับทั้งแบบไบนารี่และแบบเฉดสีเทาลงไปในภาพถ่ายจากดาวเทียมได้โดยที่ความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลที่ได้ของภาพต้นฉบับ, ภาพที่มีการซ่อนข้อมูลแบบไบนารี่ และภาพที่มีการอำพรางข้อมูลแบบเฉดสีเทานั้นแทบจะไม่มีความแตกต่างกัน



รูปที่ 10 ฮิสโทแกรมของภาพลับแบบเฉดสีเทา

6. ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ศึกษาการอำพรางข้อมูลที่บิตสำคัญต่ำสุดเพียงบิตเดียว ซึ่งเพียงพอต่อการอำพรางภาพลับแบบเฉดสีเทาเท่านั้น ดังนั้นการศึกษาต่อในอนาคตนั้นจึงควรจะศึกษาผลการอำพรางข้อมูลภาพสี ซึ่งจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลภาพต้นฉบับถึงสามบิต ผลการศึกษานั้นอาจจะแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของความถูกต้องได้ชัดเจนมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

Ahmed, H. F. and Rizwan, U. (2013). Embedding Multiple Images in an Image Using Bit Plane Slicing. **International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering (IJARCSSE)**, 3(1), 327-335.

Cvejic, N., and Seppanen, T. (2004). Increasing robustness of LSB audio steganography using a novel embedding method. **In Proceedings of the International Conference on Information Technology: Coding and Computing (ITCC’04)**, 2, 533–537.

Delforouzi, A., and Pooyan, M. (2008). Adaptive Digital Audio Steganography Based on Integer Wavelet Transform. **Circuits System Signal Process**, 27(2), 247-259.

Fazli, S., Gholamrezaei, S., and Bazrafshan, A. (2010). Advanced wavelet based steganography for colored images. **International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT)**, 377-380.

Luo, X., Wang, D., Wang, P., and Liu, F. (2008). A review on blind detection for image steganography. **Signal Processing**, 88(9), 2138-2157.

Rawat, D. and Bhandari, V. (2013). A Steganography Technique for Hiding Image in an Image using LSB Method for 24 Bit Color Image. **International Journal of Computer Applications**, 64(20), 15-19.

Song, X., Wang, S., and Niu, X. (2012). An Integer DCT and Affine Transformation Based Image Steganography Method. **In Proceedings of the 8th International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing (IIH-MSP’12)**, 102–105.

Thanikaiselvan, V., Arulmozhivarman, P., Subashanthini, S., and Amirtharajan, R. (2013). A Graph Theory Practice on Transformed Image: A Random Image Steganography. **The Scientific World Journal**, 2013.

การจัดทำแผนที่ชุมชนแบบประหยัดเพื่อการพัฒนาการตั้งถิ่นฐานบริเวณลุ่มน้ำ 02: การบูรณาการข้อมูลระดับความสูงของที่อยู่อาศัยในการจัดทำแผนที่ชุมชนริมน้ำ

Low-cost Community Mapping for Delta Settlement Developing 02: Integration of Household Altitude Information for Waterfront Village Map.

[1]เสฎฐวุฒิ บำรุงกุล, [2]เทิดศักดิ์ เตชะกิจขจร

[1]Settawut Bamrungkhul, [2]Terdsak Tachakitkachorn,

[1] มูลนิธิสร้างฐานถิ่น

[2]ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์: +66870822202 E-mail: settawut.geog@gmail.com

บทคัดย่อ

บ้านยกพื้นสูงถือเป็นลักษณะสำคัญของที่อยู่อาศัยในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้และการปรับตัวของคนภายในพื้นที่ให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้บนเงื่อนไขเชิงที่ตั้งซึ่งมักจะประสบกับภาวะน้ำท่วม ด้วยเหตุนี้ข้อมูลระดับความสูงของที่อยู่อาศัยจากพื้นบ้านจนถึงพื้นดินจึงเป็นข้อมูลสำคัญหนึ่งที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการอยู่อาศัยของชุมชนในช่วงฤดูน้ำหลาก จากการสำรวจการจัดทำแผนที่ชุมชนด้วยระบบภูมิสารสนเทศในอำเภอผักไห่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่าการจัดทำแผนที่ชุมชนในส่วนของที่อยู่อาศัยจะเก็บข้อมูลเฉพาะตำแหน่งที่ตั้ง บ้านเลขที่ รายชื่อเจ้าของบ้าน ข้อมูลผู้สูงอายุ จำนวนสมาชิก และปัญหาการใช้ที่ดินทั้งนี้เพื่อให้แผนที่ชุมชนสามารถใช้ประโยชน์ในการบริหารจัดการพื้นที่ชุมชนริมน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ คณะผู้วิจัยจึงได้เกิดแนวคิดการบูรณาการข้อมูลระดับความสูงของที่อยู่อาศัยภายในชุมชนเข้าสู่ระบบภูมิสารสนเทศ

ในการบูรณาการข้อมูลระดับความสูงของที่อยู่อาศัยคณะผู้วิจัยได้ร่วมกับสถาบันพัฒนาองค์กรชุมชน (องค์การมหาชน) และชาวบ้านภายในตำบลท่าดินแดง ตำบลหนองน้ำใหญ่ และตำบลลาดชิด อำเภอผักไห่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยาในการจัดเก็บและบูรณาการข้อมูลระดับความสูงของที่อยู่อาศัยเข้าสู่ฐานข้อมูลของแผนที่ชุมชนเดิมโดยการจัดเก็บข้อมูลระดับความสูงของที่อยู่อาศัยใช้วิธีการรังวัดทางสถาปัตยกรรมเพื่อวัดระดับความสูงของพื้นดินจนถึงระดับความสูงของพื้นบ้าน ทั้งนี้เมื่อนำชุดข้อมูลดังกล่าวมาซ้อนทับและวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลระดับน้ำท่วม และระดับน้ำท่วมในอดีตจะสามารถจำลองสถานการณ์ความสามารถในการอยู่อาศัยและแนวโน้มความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับที่อยู่อาศัยขณะเกิดน้ำท่วมในระดับต่างๆได้ อนึ่งข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ ชุมชนหรือหน่วยงานท้องถิ่นสามารถนำไปใช้ในการวางแผนเพื่อเตรียมความพร้อมด้านที่อยู่อาศัย การใช้ที่ดิน ตลอดจนการจัดทำแผนป้องกันและบรรเทาภัยพิบัติเพื่อรับมือกับปัญหาอุทกภัยได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต

คำสำคัญ: แผนที่ชุมชน, ระดับความสูงของที่อยู่อาศัย, กระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน, อุทกภัย, อำเภอผักไห่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

Abstract

Ahigh open spaceundera houseisanimportantfeature of many households in Chao PhrayaRiver's lower plain area. Such architectural figure is a product of local knowledge and

adaptation to survive in a certain geographical condition, which, in this case, is an anual flood.Therefore, an information regarding household's altitude from the ground to the house is another important information that shows the waterfront communities' living in flooding period. We have surveyed communities' mapping through geographical information system (GIS) in Pak Hai District, PhraNakorn Si Ayutthaya Province, and found that, in order to create a geographical data for mapping in this province, it is more effective to collect the specific information about the location, house's number, owners' names, elders' information, numbers of members and land using problems. And in order to let this communities' map serve itspurpose in household management and waterfront land management effectively, we have suggested an idea of integrating information regarding the altitude of household into geographical information system.This article aims to explain the information integration's methods with community's participation as well as the application of such information in household management and waterfront land management.

In order to integrate the information and collect the data, we, together with Community Organizations Development Institute (Public Organization) and locals in Tha Din Dang Sub-district, Nong Nam Yai Sub-district and Lad Chit Sub-district, Pak Hai District, PhraNakhon Si Ayutthaya Province, have accessed to the database of previous communities' maps. Another information comes from the altitude that was measured from the groundfloor to the level of house's floor. And when the sets of data are overlaid and analyzed with the altitude of flood's level information and watermark level, we will be able to simulatea living in the área during different flooding periods. The information can be adapted to create an effective plan to prepare the communities, to help with land management as well as the disaster prevention.

KEYWORDS: communities' map, altitude of household, local participation, flood, Pak Hai District PhraNakhon Si Ayutthaya Province

1. บทนำ

เรือนไทยยกพื้นสูงถือเป็นรูปแบบทางสถาปัตยกรรมที่อยู่อาศัยหนึ่งที่สามารถพบเห็นได้เป็นจำนวนมากในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างโดยเกิดขึ้นจากการเรียนรู้และการปรับตัวของคนภายในพื้นที่ เพื่อให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างผาสุกบนเงื่อนไขเชิงที่ตั้งซึ่งเป็นพื้นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึงและมักจะประสบกับภาวะน้ำท่วมเป็นประจำเกือบทุกปี ลักษณะองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมสำคัญของบ้านเรือนไทยยกพื้นสูงที่เป็นตัวกำหนดและมีผลต่อความสามารถในการดำรงชีวิตของคนภายในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างตั้งแต่อดีตจวบจนปัจจุบันคือระดับความสูงของที่อยู่อาศัยจากพื้นบ้านจนถึงพื้นดิน ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ระดับน้ำหลากสูงสุดในประวัติศาสตร์เป็นระดับอ้างอิงความสูง ด้วยเหตุนี้ในอดีตระดับความสูงของเรือนไทยยกพื้นสูงส่วนใหญ่จึงมีความใกล้เคียงกันอย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของสภาพเศรษฐกิจ สังคม ตลอดจนรสนิยม

การสร้างที่อยู่อาศัยส่งให้ในปัจจุบัน พื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างไม่ได้ปรากฏรูปแบบที่อยู่อาศัยที่มีลักษณะเป็นเพียงเรือนไทยยกพื้นสูงเท่านั้น หากแต่ยังปรากฏอาคารที่อยู่อาศัยรูปแบบอื่นๆ อีกด้วย อาทิ บ้านปูนชั้นเดียวมีใต้ถุนสูง บ้านไม้ชั้นบนบ้านปูนชั้นล่างไม่มีใต้ถุน เป็นต้น (ภัทรพล ตั้งกลชาญ, 2554: 160) ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงรูปแบบอาคารที่อยู่อาศัยดังกล่าวตามยุคสมัยส่งผลให้บ้านแต่ละหลังภายในชุมชนริมน้ำบริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างมีระดับความสูงของที่อยู่อาศัยตลอดจนขีดความสามารถในการใช้ชีวิตในช่วงฤดูน้ำหลากที่แตกต่างกัน



รูปที่ 1-2ภาพแสดงลักษณะที่อยู่อาศัยภายในพื้นที่กรณีศึกษา
ที่มา: คณะผู้วิจัย

จากการสำรวจการจัดทำแผนที่ชุมชนด้วยระบบภูมิสารสนเทศในอำเภอผักไห่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่าสถาบันพัฒนาองค์กรชุมชน (องค์การมหาชน) ได้มีการสนับสนุนชุมชนภาคีต่างๆ ภายในอำเภอผักไห่จัดทำแผนที่ชุมชนเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการพัฒนาและการจัดการที่ดินและที่อยู่อาศัยของตนเอง โดยในส่วนของที่อยู่อาศัยนั้นจากการสำรวจพบว่ามีการจัดเก็บข้อมูลต่างๆ อาทิ ตำแหน่งที่ตั้ง บ้านเลขที่ รายชื่อเจ้าของบ้าน ข้อมูลผู้สูงอายุ จำนวนสมาชิก และปัญหาการใช้ที่ดิน(ขบวนที่ดินจังหวัดพระนครศรีอยุธยา, 2557) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงข้อมูลที่จัดเก็บจะพบว่ายังไม่สามารถนำไปใช้บริหารจัดการที่ดินและที่อยู่อาศัยได้อย่างเต็มประสิทธิภาพตามเป้าประสงค์ของการสนับสนุนการจัดทำแผนที่ชุมชน เนื่องด้วยข้อมูลส่วนใหญ่เป็นข้อมูลแนวราบและข้อมูลเชิงบรรยาย แผนที่ชุมชนที่จัดทำขึ้นจึงยังไม่สามารถสะท้อนลักษณะการอยู่อาศัยและปัญหาการใช้ชีวิตของชุมชนริมน้ำซึ่งมีความสัมพันธ์กับข้อมูลระดับความสูง ทั้งระดับความสูงของน้ำท่วมหลาก ระดับความสูงของพื้นดิน และระดับความสูงของพื้นบ้านที่อยู่อาศัย

ด้วยเหตุนี้เพื่อให้แผนที่ชุมชนที่จัดทำขึ้นสามารถแสดงข้อมูลเกี่ยวกับที่อยู่อาศัยภายในชุมชนริมน้ำได้อย่างชัดเจน จนนำไปสู่การพัฒนาแนวทางการบริหารจัดการด้านที่อยู่อาศัยและที่ดินของชุมชนริมน้ำอย่างมีประสิทธิภาพภายในอนาคต คณะผู้วิจัย สถาบันพัฒนาองค์กรชุมชน (องค์การมหาชน) และชาวบ้านในอำเภอผักไห่ที่เป็นภาคีร่วมกับสถาบันพัฒนาองค์กรชุมชน จึงร่วมกันจัดทำแผนที่ชุมชนและฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ของชุมชนบนระบบภูมิสารสนเทศขึ้นใหม่ โดยการบูรณาการข้อมูลระดับความสูงของที่อยู่อาศัยร่วมกับฐานข้อมูลชุดเดิมที่ชุมชนได้จัดทำขึ้น

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงขั้นตอนการบูรณาการข้อมูลระดับความสูงของพื้นบ้านที่อยู่อาศัยในการจัดทำแผนที่ชุมชนริมน้ำภายใต้ความร่วมมือของคนในตำบลที่เป็นภาคีร่วมกับสถาบันพัฒนาองค์กรชุมชน (องค์การมหาชน) อำเภอผักไห่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 3ตำบล ได้แก่ ตำบลท่าดินแดง ตำบลหนองน้ำใหญ่ และตำบลลาดชิด

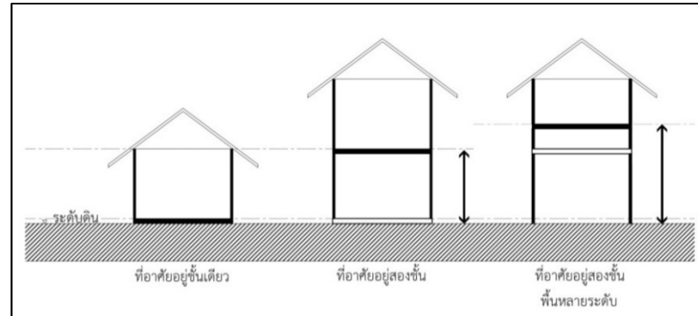
2.วัตถุประสงค์

เพื่อบูรณาการข้อมูลระดับความสูงของที่อยู่อาศัยในการจัดทำแผนที่ชุมชนริมน้ำภายใต้ความร่วมมือของคนภายในพื้นที่

3. วิธีการวิจัย

3.1 นิยามคำศัพท์

ระดับความสูงของที่อยู่อาศัย หมายถึง ระดับความสูงของพื้นบ้านที่ชาวบ้านใช้ในการอยู่อาศัยโดยทำการวัดจากพื้นดินจนถึงระดับพื้นดังกล่าว ทั้งนี้หากเป็นบ้านชั้นเดียวไม่ยกพื้นสูงระดับความสูงของที่อยู่อาศัยจะมีค่าเท่ากับศูนย์ และในขณะเดียวกันหากเป็นบ้านยกพื้นสูงที่มีระดับพื้นหลายระดับ ระดับความสูงของที่อยู่อาศัยจะหมายถึงระดับที่วัดจากพื้นดินจนพื้นบ้านชั้นที่สูงสุดที่สามารถอยู่อาศัยได้



รูปที่ 3 ภาพแสดงระดับความสูงของที่อยู่อาศัย
ที่มา:คณะผู้วิจัย

3.2พื้นที่กรณีศึกษา

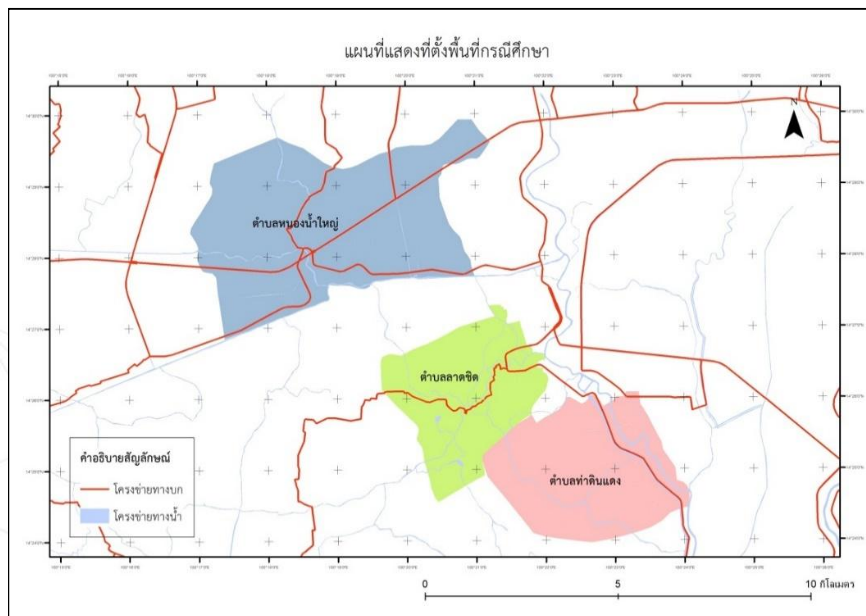
การบูรณาการข้อมูลระดับความสูงของที่อยู่อาศัยในการจัดทำแผนที่ชุมชนริมน้ำครั้งนี้ได้คัดเลือกพื้นที่กรณีศึกษาจากตำบลที่เป็นภาคีร่วมกับสถาบันพัฒนาองค์กรชุมชน (องค์การมหาชน)ในอำเภอผักไห่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยในกระบวนการคัดเลือกพื้นที่กรณีศึกษานั้นคณะผู้วิจัยได้คัดเลือกจากเกณฑ์ดังต่อไปนี้

(1) พื้นที่ภายในตำบลมีการตั้งถิ่นฐานริมโครงข่ายทางน้ำ

(2) ได้ดำเนินการจัดการทำแผนที่ชุมชนและฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ของตำบลบนระบบภูมิสารสนเทศแล้วเสร็จ

(3) ชุมชนพร้อมให้ความร่วมมือในการจัดเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ผล

จากหลักเกณฑ์ดังกล่าวเมื่อคณะผู้วิจัยได้พิจารณาร่วมกับชุมชนภายในอำเภอผักไห่แล้วจึงได้พื้นที่กรณีศึกษาจำนวน 3 ตำบล ได้แก่ ตำบลท่าดินแดง ตำบลลาดชิด และตำบลหนองน้ำใหญ่



รูปที่ 4 แผนที่แสดงพื้นที่กรณีศึกษา
ที่มา: คณะผู้วิจัย

3.3 ระยะเวลาการทำวิจัย

ในการจัดเก็บข้อมูลและประมวลผลข้อมูลเพื่อจัดทำแผนที่ชุมชนใช้ระยะเวลาระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคม ปีพุทธศักราช 2558

3.4วิธีการวิจัย

การบูรณาการข้อมูลระดับความสูงของที่อยู่อาศัยในการจัดทำแผนที่ชุมชนริมน้ำถือเป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการอย่างมีส่วนร่วม (participatory action research) ระหว่างคณะผู้วิจัยและชุมชนภายในพื้นที่กรณีศึกษา โดยสามารถแบ่งขั้นตอนในการดำเนินการได้ดังต่อไปนี้

1) การศึกษาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่เดิม

ในขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลและระบบโครงสร้างของข้อมูลเดิมภายในระบบภูมิสารสนเทศที่ชุมชนกรณีศึกษาได้จัดทำขึ้นเพื่อใช้สร้างแผนที่ชุมชน โดยผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะนำไปสู่การวางแผนการเก็บข้อมูลระดับชั้นความสูงของที่อยู่อาศัยให้สอดคล้องกับข้อมูลเดิมที่มีอยู่

2) การวางแผนและเตรียมความพร้อมในการลงสำรวจข้อมูล

การวางแผนและการเตรียมความพร้อมในการลงสำรวจข้อมูลภาคสนามเพื่อจัดเก็บข้อมูลระดับชั้นความสูงของที่อยู่อาศัยนั้น ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

(1) การจัดทำตารางกรอกข้อมูล ซึ่งประกอบไปด้วยชั้นข้อมูลต่างๆ ได้แก่ ชั้นข้อมูลพิกัดที่ตั้ง (X,Y) ชั้นข้อมูลเลขที่บ้านชั้นข้อมูลเจ้าของบ้าน ชั้นข้อมูลลำดับหมายเลข (id number) ชั้นข้อมูลรอยน้ำท่วม ชั้นข้อมูลระดับความสูงของพื้นอาคาร และชั้นข้อมูลอื่นๆ

(2) การเตรียมแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศแสดงตำแหน่งที่ตั้งของอาคารที่อยู่อาศัยภายในชุมชนมาตราส่วน 1: 1,000 โดยแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศที่เตรียมขึ้นจะมีการแสดงตำแหน่งของบ้านด้วยสัญลักษณ์ประเภทจุด และมีข้อมูลลำดับหมายเลขของอาคารที่อยู่อาศัยกำกับอยู่ด้านข้าง เพื่อให้ชุมชนสามารถใช้ตัวเลขดังกล่าวในการอ้างอิงตำแหน่งขณะจดบันทึกข้อมูลลงตาราง

(3) จัดเตรียมตลับเมตรเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลระดับความสูงจากพื้นบ้านจนถึงพื้นดิน

3) การเก็บข้อมูลภาคสนาม

ในการเก็บข้อมูลภาคสนามนั้น คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการแนะนำวิธีการเก็บข้อมูลและวิธีการกรอกข้อมูลลงแบบฟอร์มให้แก่ชาวบ้านที่เข้าร่วมเก็บข้อมูลก่อนการสำรวจภาคสนามจริง โดยในการเก็บข้อมูลภาคสนามครั้งแรกนั้นคณะผู้วิจัยได้เชิญตัวแทนชาวบ้านจากตำบลอื่นๆ เข้าร่วมเรียนรู้วิธีการเก็บข้อมูล ทั้งนี้ในการเก็บข้อมูลภาคสนามสำหรับพื้นที่หนึ่งหมู่บ้าน คณะผู้วิจัยจะแบ่งชาวบ้านออกเป็นสองกลุ่มกลุ่มละสามคน โดยในแต่ละกลุ่มจะมีหนึ่งคนที่เป็นคนภายในหมู่บ้านเพื่อทำหน้าที่นำทางและชี้พิกัดของบ้านแต่ละหลัง

ในการเก็บข้อมูลภาคสนาม ชาวบ้านจะทำการวัดความสูงของระดับพื้นที่อยู่อาศัยจากพื้นดินจนถึงชั้นพื้นบ้านที่ชาวบ้านอยู่อาศัยจริงและระดับของรอยน้ำท่วมจากผนังบ้านจนถึงพื้นดินด้วยตลับเมตรแล้วจึงบันทึกลงแบบฟอร์มโดยใช้ข้อมูลจากชั้นข้อมูลลำดับหมายเลขพิจารณาร่วมกับเลขที่บ้านและชื่อเจ้าของบ้านทั้งนี้สำหรับอาคารที่อยู่อาศัยที่เป็นบ้านชั้นเดียวไม่ยกพื้นสูง คณะผู้วิจัยได้กำหนดให้บันทึกข้อมูลเป็นค่า “ศูนย์” ส่วนในกรณีที่อาคารที่อยู่อาศัยมีหลายระดับ คณะผู้วิจัยได้กำหนดให้เลือกวัดจากระดับที่สูงสุดที่สามารถอยู่อาศัยได้เป็นระดับที่ต้องจดบันทึก เนื่องด้วยถือเป็นระดับที่สามารถชี้วัดความสามารถในการอยู่อาศัยของบ้านหลังดังกล่าวในช่วงฤดูน้ำหลาก



รูปที่ 5-6 ภาพแสดงการเก็บข้อมูลภาคสนามภายในพื้นที่กรณีศึกษา
ที่มา:คณะผู้วิจัย

4) การบูรณาการข้อมูลระดับความสูงของที่อยู่อาศัยเข้าสู่ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเดิม

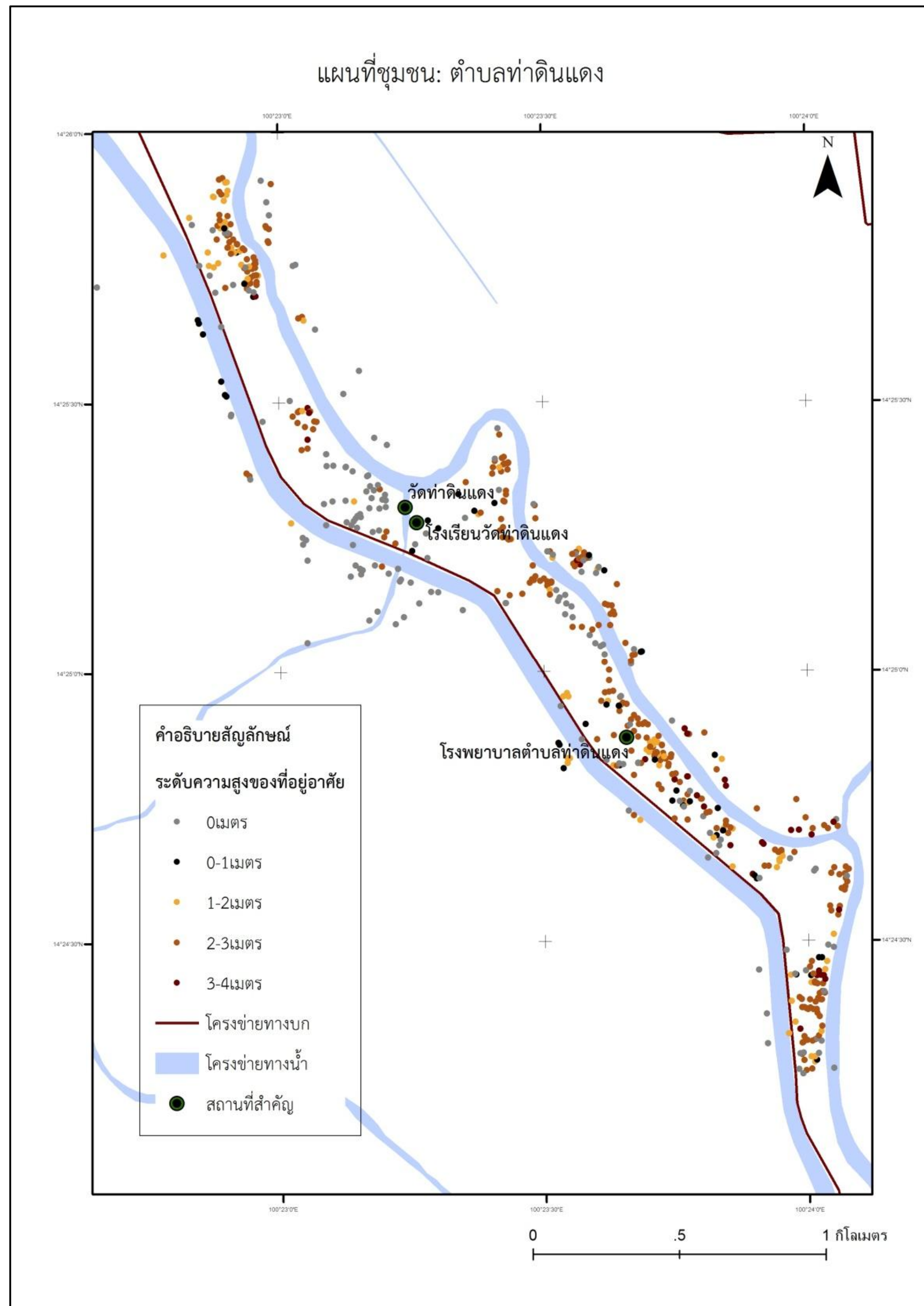
การบูรณาการข้อมูลระดับความสูงของที่อยู่อาศัยเข้าสู่ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเดิมนั้น คณะผู้วิจัยได้ร่วมกับกลุ่มชาวบ้านที่ผ่านการอบรมพื้นฐานเกี่ยวกับระบบภูมิสารสนเทศและการจัดทำแผนที่ชุมชนโดยสถาบันพัฒนาองค์กรชุมชน (องค์การมหาชน)ในการดำเนินการ โดยในการบูรณาการข้อมูลระดับความสูงของที่อยู่อาศัยและระดับของรอยน้ำท่วมบริเวณผนังบ้านเข้าสู่ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเดิม คณะผู้วิจัยจะทำการเพิ่มเขตข้อมูล (field) เข้าสู่ชั้นข้อมูลของที่อยู่อาศัย โดยมีชั้นข้อมูลลำดับหมายเลข (id number) เป็นคีย์ฟิลด์ (Key field)เพื่อเชื่อมโยงกับข้อมูลเขตอื่นๆ ที่ได้จัดทำขึ้นก่อนหน้า

4.ผลการวิจัย

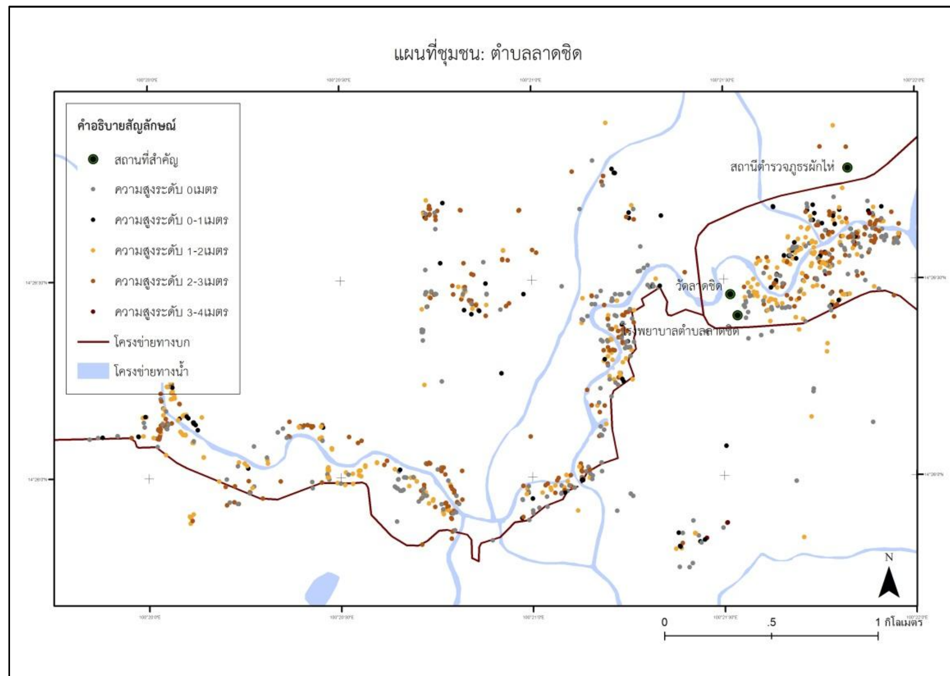
จากการเก็บข้อมูลระดับความสูงของที่อยู่อาศัยเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาบูรณาการร่วมกับการจัดทำแผนที่ชุมชนริมน้ำภายใต้กระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนในพื้นที่กรณีศึกษาทั้งหมด สามารถอธิบายผลการวิจัยได้ดังนี้

1) กระบวนการในการเก็บข้อมูลระดับความสูงระหว่างพื้นดินจนถึงพื้นบ้านด้วยตลับเมตรสามารถกระทำได้ง่ายและรวดเร็ว โดยระยะเวลาประมาณ 5 ชั่วโมง ชาวบ้าน 2กลุ่มสามารถเก็บข้อมูลของระดับความสูงของที่อยู่อาศัยภายในพื้นที่หนึ่งหมู่บ้านได้ทั้งหมด อย่างไรก็ตามอุปสรรคสำคัญในการจัดเก็บข้อมูลในระยะแรกของชาวบ้านคือการอ่านและทำความเข้าใจแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศภายในหมู่บ้านของตน ทั้งนี้จากการแสดงสัญลักษณ์ตำแหน่งบ้าน เชื่อมโยงกับบ้านเลขที่ และชื่อเจ้าของบ้านส่งผลให้ชาวบ้านสามารถค้นหาพิกัดหรือตำแหน่งในแผนที่และกรอกข้อมูลที่ได้จากการรังวัดง่ายขึ้น

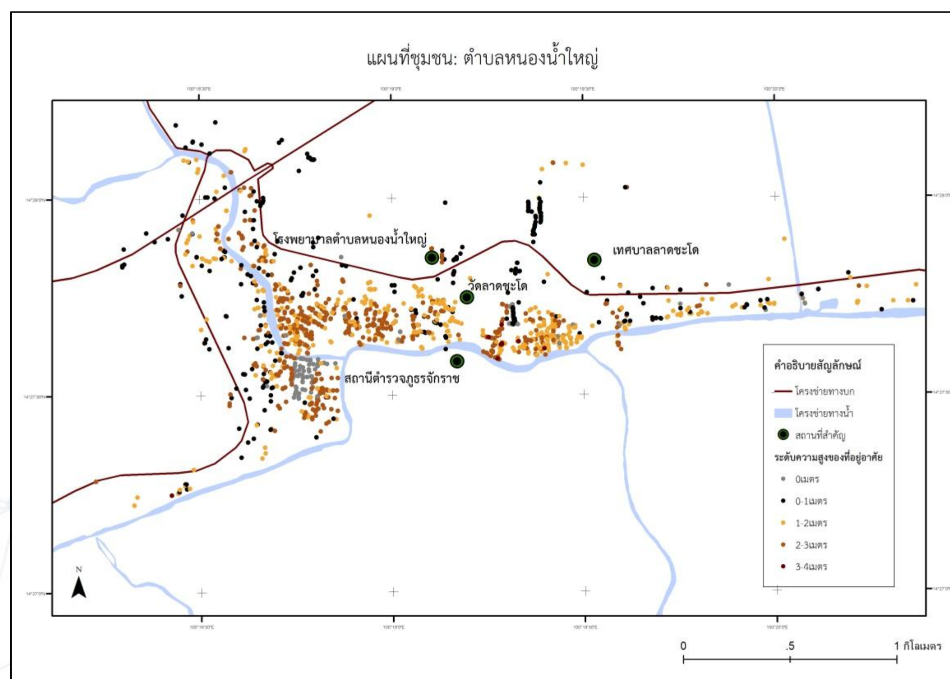
2)การบูรณาการข้อมูลระดับความสูงของที่อยู่อาศัยลงบนระบบภูมิสารสนเทศเดิมผ่านการเพิ่มเขตข้อมูล เข้าสู่ชั้นข้อมูลของที่อยู่อาศัย โดยมีชั้นข้อมูลลำดับหมายเลขเป็นคีย์ฟิลด์นั้นเป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อน ชาวบ้านที่มีความรู้เกี่ยวกับระบบภูมิสารสนเทศเบื้องต้นสามารถทำได้ง่ายและรวดเร็ว โดยชาวบ้านภายพื้นที่จำนวน 3คนสามารถดำเนินการนำเข้าข้อมูลเพิ่มเติมแล้วเสร็จภายในหนึ่งวันต่อพื้นที่หนึ่งตำบล ทั้งนี้เมื่อบูรณาการข้อมูลระดับความสูงของที่อยู่อาศัยลงในฐานข้อมูลแล้วเสร็จสามารถแสดงผลออกมาในลักษณะแผนที่ชุมชนได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 7 แผนที่ชุมชนแสดงระดับความสูงของที่อยู่อาศัยของตำบลท่าดินแดง
ที่มา:คณะผู้วิจัย



รูปที่ 8 แผนที่ชุมชนแสดงระดับความสูงของที่อยู่อาศัยของตำบลลาดชิด
ที่มา:คณะผู้วิจัย



รูปที่ 9 แผนที่ชุมชนแสดงระดับความสูงของที่อยู่อาศัยของตำบลหนองน้ำใหญ่
ที่มา:คณะผู้วิจัย

5.วิจารณ์ผลและสรุปผล

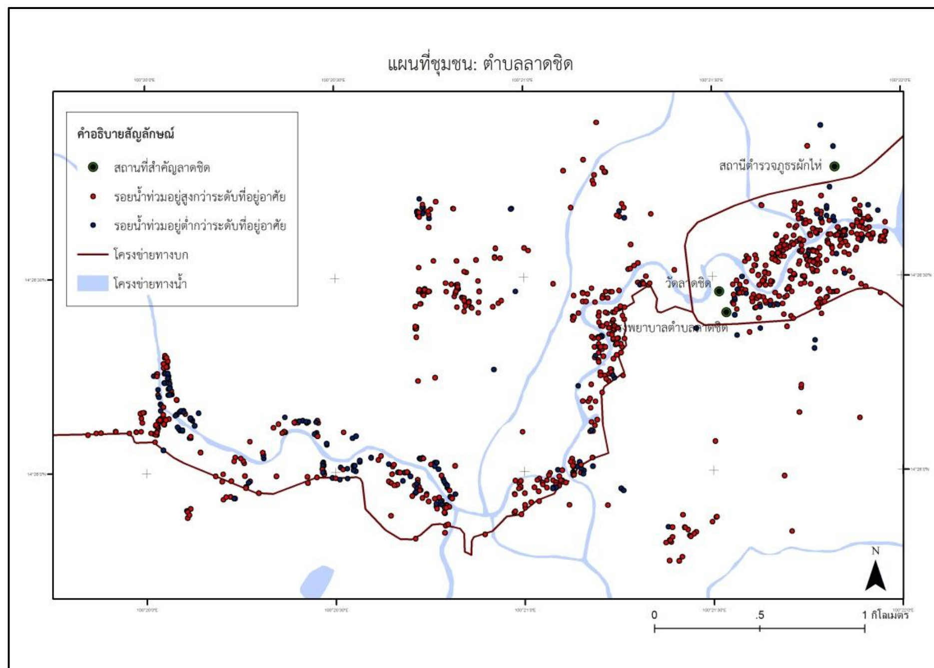
จากการเก็บข้อมูลระดับความสูงของที่อยู่อาศัยภายในชุมชนแต่ละตำบล และแสดงผลผ่านแผนที่ชุมชนพบว่าระดับของที่อยู่อาศัยมีระดับความสูงตั้งแต่ 0- 4เมตร โดยความสูงของที่อยู่อาศัยดังกล่าวสอดคล้องกับลักษณะสถาปัตยกรรมในที่พื้นที่ที่มีทั้งบ้านยกพื้นสูงและบ้านไม่ยกพื้นสูง

ตารางที่ 1ตารางแสดงตัวอย่างข้อมูลระดับของที่อยู่อาศัยที่เก็บได้จากการสำรวจภาคสนามตำบลหนองน้ำใหญ่

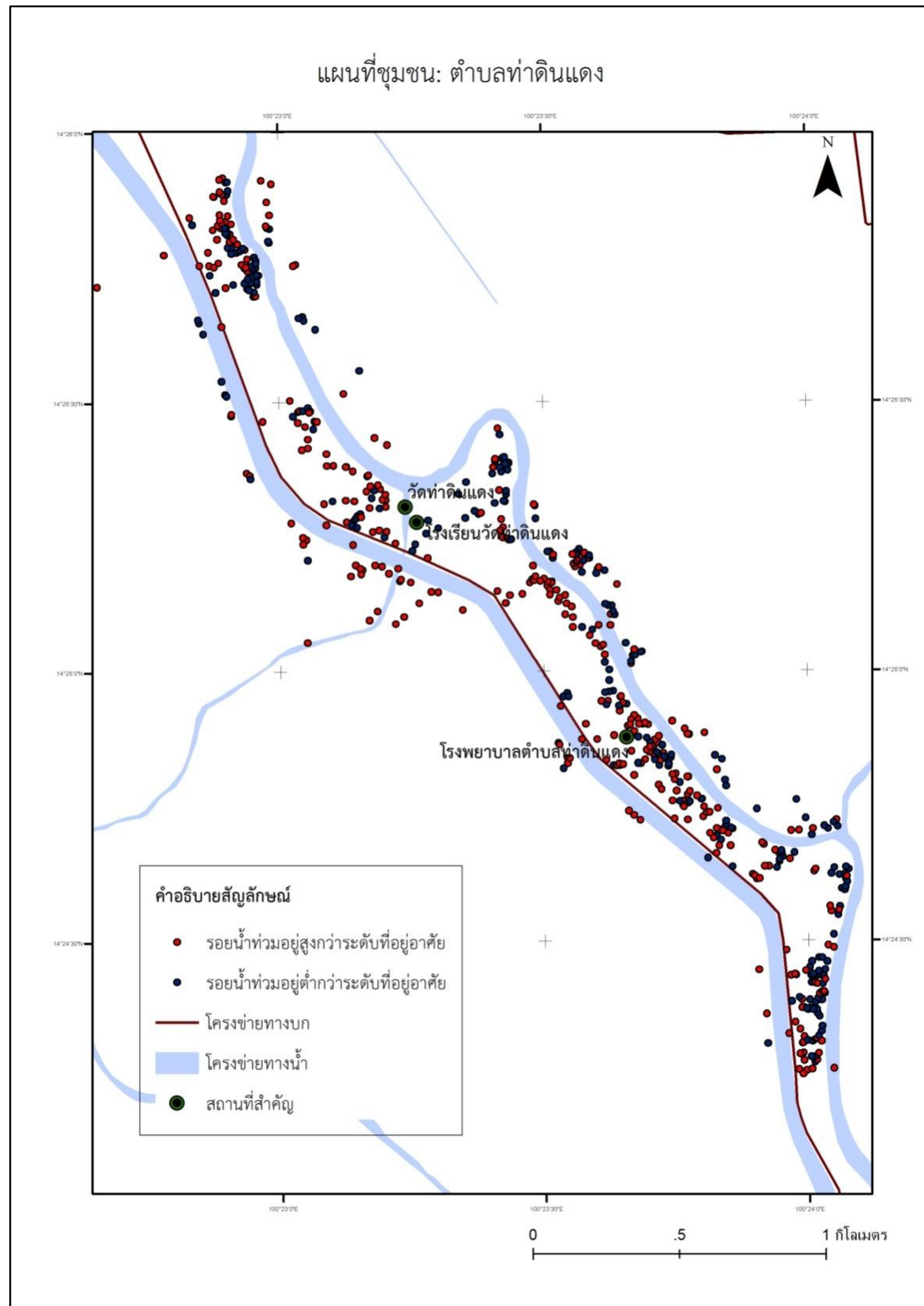
ลำดับ	บ้านเลขที่	ชื่อ-สกุล เจ้าของบ้าน	ระดับพื้น(ซม.)	ลำดับ	บ้านเลขที่	ชื่อ-สกุล เจ้าของบ้าน	ระดับพื้น (ซม.)
0	48	นายบุญส่งสุขีทรัพย์	220	27	15	นายวิชัยสะโดอยู่	200
1	49	นายประจวบกล่อมจิตร์	160	28	21	นางจำนงค์ยิ้มเป็นสุข	200
2	49/1	นางเจียนกล่อมจิตร์	150	29	17	นายเสน่ห์ยิ้มเป็นสุข	200
3	1	น.ส.ชิวเฮงแซ่เล้า	190	30	34/2	นางจรัญเฉลยกลิ่น	200
4	2	นางสาวเบญจมาศไวยสุตรา	120	31	37	นางลำดวนเอื่อมเขียว	210
5	7/12	นายธนากรคล้ายสิทธิ์	100	32	37/1	นางฉันทนากล่อมสุนทร	220
6	7	นายพินิจคล้ายสิทธิ์	160	33	23	นางจันทนาศรีบัวโรย	220
7	4	น.ส.ชันัสระแก้ว	150	34	24	น.ส.นภาภรผิวผ่อง	190
8	5	นายอุดมบุญโกสุม	160	35	38/1	นางชิดคงธารา	200
9	6	นายเสกสรรค์บุญโกสุม	160	36	53	น.ส.สำราญขวัญแก้ว	190
10	26	นายพงศพัศภัทรธัญญา	200	37	53/1	นางกฤษณากุลสุวรรณ	200
1	25	นายธงชัยพุ่มขจร	160	38	38	น.ส.กนกกรภู่รักแก้ว	200
12	27	น.ส.ทับทิมกำลังพืช	220	39	39	นายสุทินสะโดอยู่	190
13	8	น.ส.กัญภัสพึ่งจักราช	200	40	36	น.ส.ทัศนีย์สะโดอยู่	200
14	8/4	นายอาทิตย์พึ่งจักราช	190	41	40	นายอินทร์สาระฤทธิ์	220
15	11	น.ส.ม่วยอีแซ่ตั้ง	200	42	40/1	นายประสิทธิ์สาระฤทธิ์	210
16	14/1	นายฉัตรชัยอนันตพจน์	200	43	41	นายวัยกำลังพืช	225
17	29	นางสำราญแววนกยูง	190	44	45/1	นางดวงใจพุ่มพวง	200
18	20	นายชีน้พันธ์ฟัก	200	45	45	นางวันดีกำลังเดช	200
19	14	นายสุรินท์น่วมนุ่ม	190	46	45/2	นายสมเดชกำลังเดช	200
20	17/1	นางสมบูรณ์ยิ้มเป็นสุข	200	47	80	นางสุกัญญาคำรพ	200
21	35	นางสมหมายพลับพลาชัย	180	48	80/1	น.ส.สุวรรณาคำรพ	200
22	33	นายประสิทธิ์ท้าวโพธิ์เอน	200	49	8/1	นางนิตยาพึ่งจักราช	200
23	16/1	นายสุรินท์เล็กวงษ์	190	50	8/2	นายศิลาอ่อนอินทร์	200
24	16/2	นางตลุ่มเล็กวงษ์	180	51	8/3	น.ส.สุนทรพึ่งจักราช	180
25	16	นายขวัญเมืองคงทับพา	170	52	23/1	น.ส.อารมณ์คำเกลา	170
26	16/3	นางวรรณาคงทับพา	170	53	12/1	นายเจริญจินดาวงษ์	200

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากแผนที่จะพบว่าความสูงของที่อยู่อาศัยในแต่ละตำบลจะแตกต่างกัน ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากระดับน้ำหลากและสภาพแวดล้อมในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันนั้นเองด้วยเหตุนี้การพิจารณาเพื่อวางแผนและบริหารจัดการพื้นที่และที่อยู่อาศัยเพื่อรองรับน้ำหลากในระดับมหภาค จึงจำเป็นต้องทำความเข้าใจในข้อมูลระดับตำบลหรือหมู่บ้าน (จุลภาค) เพิ่มเติม

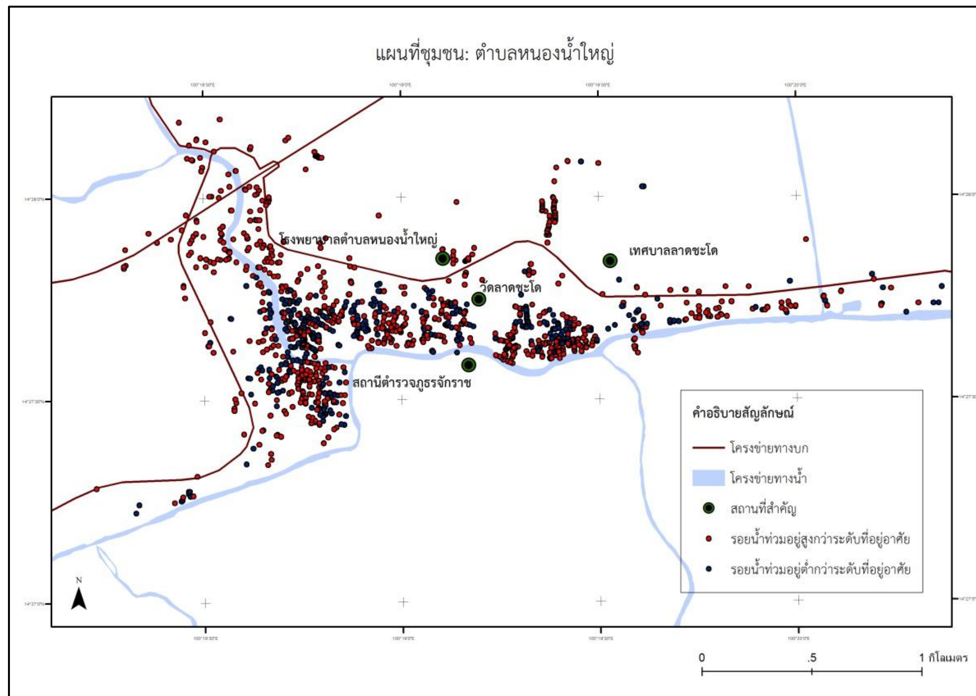
นอกจากการเก็บข้อมูลระดับความสูงของพื้นที่อยู่อาศัย ข้อมูลคราบรอยน้ำท่วมบริเวณผนังบ้าน ถือเป็นหลักฐานสำคัญอีกอย่างที่ปรากฏให้เห็นเกือบทุกบ้านภายในชุมชน โดยเมื่อนำมาระดับดังกล่าวเปรียบเทียบกับระดับความสูงของพื้นที่อยู่อาศัยจะสามารถสะท้อนสภาพการอยู่อาศัยในช่วงฤดูน้ำหลากภายในพื้นที่ของชุมชนริมน้ำได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้ในการเก็บข้อมูลคราบรอยน้ำท่วมจำเป็นต้องสอบถามเจ้าของบ้านถึงปีที่รอยดังกล่าวเกิดขึ้น โดยจากการสำรวจคณะผู้วิจัยได้กำหนดให้เก็บคราบรอยน้ำท่วมในปีพุทธศักราช 2554ซึ่งเป็นปีที่มีน้ำท่วมหลากสูงสุดในประวัติศาสตร์ และแสดงผลเบื้องต้นในลักษณะแผนที่ชุมชน ซึ่งผลจากการจัดทำแผนที่พบว่ามีทั้งรอยน้ำท่วมที่อยู่ต่ำว่าระดับพื้นของที่อยู่อาศัยซึ่งหมายถึงยังสามารถอยู่อาศัยได้แม้เกิดน้ำท่วม และรอยน้ำท่วมที่อยู่สูงกว่าระดับพื้นของที่อยู่อาศัยซึ่งหมายถึงน้ำท่วมบ้านจนไม่สามารถอยู่อาศัยได้ หรือในบางกรณีอาจอยู่อาศัยได้แต่ต้องการการสนับสนุนความช่วยเหลือจากภาครัฐ เช่น ไม้กระดาน ทั้งนี้หลักฐานดังกล่าวเปรียบเสมือนเครื่องยืนยันอย่างหนึ่งว่าแม้ว่าพื้นที่ประสบกับปัญหาน้ำท่วม แต่ก็มีที่อยู่อาศัยจำนวนไม่น้อยที่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในช่วงเวลาดังกล่าว ด้วยเหตุนี้การเก็บข้อมูลที่อยู่อาศัยในลักษณะตำแหน่งที่ตั้งเพียงอย่างเดียวจึงไม่สามารถสะท้อนสภาพและความสามารถในการอยู่อาศัยในช่วงฤดูน้ำหลากของชุมชนริมน้ำได้อย่างแท้จริง



รูปที่ 10 แผนที่ชุมชนแสดงรอยน้ำท่วมเปรียบเทียบกับระดับความสูงของที่อยู่อาศัย ตำบลลาดชิด
ที่มา:คณะผู้วิจัย



รูปที่ 11 แผนที่ชุมชนแสดงรอยน้ำท่วมเปรียบเทียบกับระดับความสูงของที่อยู่อาศัย ตำบลท่าดินแดง
ที่มา:คณะผู้วิจัย



รูปที่ 12 แผนที่ชุมชนแสดงรอยน้ำท่วมเปรียบเทียบกับระดับความสูงของที่อยู่อาศัย ตำบลหนองน้ำใหญ่
ที่มา:คณะผู้วิจัย

จากผลการทดลองเก็บและบูรณาการข้อมูลของระดับความสูงของที่อยู่อาศัยโดยกระบวนการมีส่วนร่วมของคนภายในชุมชนริมน้ำพบว่า การบูรณาการข้อมูลดังกล่าวเป็นวิธีการที่สามารถทำได้ง่าย ไม่ซับซ้อน โดยสำหรับชุมชนที่เริ่มมีการจัดทำฐานข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อใช้ในการจัดทำแผนที่ชุมชนแล้วนั้น สามารถลงสำรวจภาคสนามและบูรณาการข้อมูลดังกล่าวเข้าไปในฐานข้อมูลของระบบภูมิสารสนเทศเดิมได้ด้วยตนเอง ในขณะที่ชุมชนอื่นๆ ที่ยังไม่ได้มีการเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อจัดทำแผนที่ชุมชนนั้น ก็สามารถนำไปผนวกเป็นส่วนหนึ่งในการเก็บข้อมูลภาคสนามของชุมชนริมน้ำตั้งแต่เริ่มต้นได้ทั้งนี้จากกระบวนการที่เรียบง่ายและไม่ซับซ้อนจึงทำให้ชุมชนสามารถบูรณาการข้อมูลระดับความสูงของอาคารได้ด้วยตนเอง และจะส่งผลให้แผนที่ชุมชนของชุมชนริมน้ำมีมิติที่หลากหลายและสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการบริหารจัดการที่ดินและที่อยู่อาศัยได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

6.ข้อเสนอแนะ

การบูรณาการข้อมูลระดับสูงของพื้นที่อยู่อาศัยเพื่อจัดทำแผนที่แสดงระดับความสูงของพื้นที่อยู่อาศัยครั้งนี้ถือเป็นการวิจัยในขั้นต้นเพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์หาความสามารถในการอยู่อาศัยของที่อยู่อาศัยในช่วงฤดูน้ำหลากของชุมชนริมน้ำ โดยการวิเคราะห์หาความสามารถในการอยู่อาศัยจำเป็นต้องใช้ข้อมูลความสูงของระดับน้ำหลาก ร่วมกับข้อมูลระดับความสูงของภูมิประเทศ หรือแบบจำลองภูมิประเทศเชิงเลข (Digital Elevation Model) เพื่อเชื่อมโยงกับระดับทะเลปานกลาง (Mean Sea Level) ซึ่งเป็นระดับความสูงมาตรฐานทั้งนี้เมื่อทำการวิเคราะห์ร่วมกันจนแล้วเสร็จ ผลที่เกิดขึ้นจะสามารถนำไปประยุกต์ในด้านต่างๆ ได้ดังนี้

1) แผนที่ชุมชนแสดงระดับชั้นความสูงของที่อยู่อาศัยและแผนที่แสดงขีดความสามารถในการอยู่อาศัยของชุมชนริมน้ำที่จัดทำขึ้นนั้นสามารถแสดงให้เห็นถึงอาคารที่อยู่อาศัยภายในชุมชนที่ตกอยู่ในภาวะเสี่ยงที่จะไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในช่วงฤดูน้ำหลาก เนื่องด้วยมีขีดความสามารถในการอยู่อาศัยที่ต่ำกว่าอาคารกลุ่มอื่นๆ ทั้งนี้จากข้อมูลที่ปรากฏบนแผนที่และฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศดังกล่าว ชุมชนหรือองค์กรการปกครองส่วนท้องถิ่นสามารถนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลในการวางแผน เตรียมการ และจัดทำงบประมาณเพื่อสนับสนุนการซ่อมแซมที่อยู่อาศัยเพื่อรองรับอุทกภัยเบื้องต้นได้

2) แผนที่ชุมชนแสดงระดับชั้นความสูงของที่อยู่อาศัยสามารถใช้คาดการณ์และประเมินผลกระทบที่จะเกิดขึ้นเบื้องต้นกับอาคารที่อยู่อาศัย และการดำรงชีวิตของคนภายในชุมชนริมน้ำในแต่ละช่วงเวลาได้

3) แผนที่ชุมชนแสดงระดับชั้นความสูงของที่อยู่อาศัยและแผนที่แสดงขีดความสามารถในการอยู่อาศัยของชุมชนริมน้ำที่จัดทำขึ้นสามารถใช้ในการวิเคราะห์หาพื้นที่จุดอพยพ พื้นที่ศูนย์กลางการช่วยเหลือ หรือพื้นที่ปลอดภัยในแต่ละช่วงเวลาได้

4) แผนที่ชุมชนแสดงระดับชั้นความสูงของที่อยู่อาศัยและแผนที่แสดงขีดความสามารถในการอยู่อาศัยของชุมชนริมน้ำที่จัดทำขึ้นสามารถใช้ในการลำดับความสำคัญและวางแผนในการให้ความช่วยเหลือด้านที่อยู่อาศัยและการดำรงชีวิตขณะน้ำท่วม

7.เอกสารอ้างอิง

ขบวนที่ดินจังหวัดพระนครศรีอยุธยา. (2557).**เอกสารโครงการแก้ปัญหาที่ดินทำกินและที่อยู่อาศัย**. อยุธยา: [ม.ป.ป.].

ภัทรพล ตั้งกลชาญ. (2554). **การเปลี่ยนแปลงสัณฐานระดับพื้นของที่อยู่อาศัยริมแม่น้ำน้อย กรณีศึกษา ชุมชนเทศบาลตำบลหัวเวียง อำเภอเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

การจัดทำแผนที่ชุมชนแบบประหยัดเพื่อการพัฒนาการตั้งถิ่นฐานบริเวณลุ่มน้ำ 01: แผนที่ข้อมูลเชิงระดับของพื้นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง

Low-cost Community Mapping for Delta Settlement Developing 01: Geographic Level Map of Household in Floodplain area.

[1]เทิดศักดิ์ เตชะกิจขจร, [2]เสฏฐวุฒิ บำรุงกุล

[1]Terdsak Tachakitkachorn, [2]Settawut Bamrungkhul,

[1]ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[2] มูลนิธิสร้างฐานถิ่น

โทรศัพท์: +66818894533 E-mail: terdsak@gmail.com

บทคัดย่อ

การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำท่วมอันเนื่องจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการพัฒนาพื้นที่เมืองที่ไม่สอดคล้องกับบริบทของพื้นที่ในบริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างในช่วงเวลาสิบปีที่ผ่านมา ส่งผลให้ที่อยู่อาศัยภายในพื้นที่ต่างได้รับผลกระทบและเกิดความเสียหายเป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามในปัจจุบันนอกจากการทำแผนที่ทำมือและแผนที่ที่จัดทำขึ้นเพื่อแสดงขอบเขตชุมชนแล้ว ชุมชนริมน้ำต่างๆ ก็ยังไม่มีแผนที่หรือระบบภูมิสารสนเทศอื่นที่สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการพื้นที่เพื่อรองรับอุทกภัยภายในท้องถิ่นได้อย่างเป็นรูปธรรมมากนัก ทั้งนี้เนื่องจากการขาดแคลนงบประมาณและการเข้าถึงข้อมูล จากการทดลองจัดทำแผนที่ข้อมูลเชิงระดับในพื้นที่หมู่บ้านริมน้ำ ตำบลหัวเวียง อำเภอเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยาด้วยการสังเคราะห์ข้อมูลสองมิติบนระบบภูมิสารสนเทศ โดยการนำข้อมูลแนวราบที่ได้จากการแปลงภาพถ่ายทางอากาศและการเดินสำรวจรังวัดเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง มาสังเคราะห์ร่วมกับข้อมูลแนวระดับที่ได้จากการรังวัดระดับที่ดินด้วยเครื่องมืออย่างง่าย พบว่าแผนที่ดังกล่าวสามารถจัดทำได้ง่าย รวดเร็ว โดยใช้คนท้องถิ่นจำนวน 3 คน สำรวจพื้นที่จำนวน 1 ตารางกิโลเมตรในระยะเวลา 1-2 วันเท่านั้น อีกทั้งการจัดทำแผนที่ยังใช้งบประมาณต่ำเนื่องด้วยใช้เพียงอุปกรณ์ที่สามารถหาได้ในท้องถิ่นและราคาย่อมเยาอันได้แก่ ตลับเมตร สายยาง และลูกดิ่ง ทั้งนี้แผนที่ข้อมูลที่เชิงระดับที่จัดทำขึ้นด้วยงบประมาณต่ำนั้นสามารถประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการพื้นที่ชุมชนริมน้ำและที่อยู่อาศัยเพื่อรองรับอุทกภัยที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

คำสำคัญ: แผนที่ข้อมูลเชิงระดับ, การจัดการภัยพิบัติ, อุทกภัย, การจัดการโดยท้องถิ่น, ตำบลหัวเวียง อำเภอเสนา

ABSTRACT

Global Climate change and improper regional development have increased the flood stage of the Chaophraya flood plain areafor a decade. Despite causing a severe damage to many households in the whole region, there was still no proper informative GIS map for specific measurement, apart from hand-mademaps and maps that show community's territory, to solve this problem in local district scale. This is due to the lack of budget and information accessibility. Our selective area, Huawiang Sub-district, Sena District, Phra Nakhon Si Ayutthaya Province, was surveyed so that we could experiment a low-cost geographic level mapping. This is the application from integrating two mapping process, including (1) horizontal geographic mapping through the polygonal line tracing from aerial photo, and (2) vertical geographic mapping through sectional measurement of the village. From the experiment, the low-cost map can be generated easily and quickly because an area of about 1 square kilometer could be surveyed and a fundamental data of household geographic level mapping could be collected by 3 locals in a couple of days. The survey

materials, such as measuring tape, rubber tube, and plummet, can also easily be found in the local área with such a low price. Therefore, this Project could be conducted with low-cost budget by local municipality for adaptive use in disaster prevention and management in the future.

KEYWORDS: Disaster management, Mapping, Flood, Local management, Huawiang Subdistrict, Sena District

1. บทนำ

การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำท่วมอันเนื่องจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการพัฒนาพื้นที่เมืองที่ไม่สอดคล้องกับบริบทของพื้นที่ในบริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างในช่วงเวลาสิบปีที่ผ่านมา (Aon Benfield, 2012: 26) ส่งผลให้ที่อยู่อาศัยภายในพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยาต่างได้รับผลกระทบและเกิดความเสียหายเป็นจำนวนมาก โดยในปีพุทธศักราช 2554 มีอาคารบ้านเรือนได้รับความเสียหายเกือบสองพันล้านหลัง หรือคิดเป็นมูลค่าความเสียหายเกือบแปดหมื่นล้านบาท (Ministry of Finance, Royal Thai Government and The World Bank, 2012: 181) อย่างไรก็ตามในปัจจุบันนอกจากการทำแผนที่ทำมือและแผนที่ที่จัดทำขึ้นเพื่อแสดงขอบเขตชุมชนแล้ว ชุมชนริมน้ำต่างๆ ก็ยังไม่มีแผนที่หรือระบบภูมิสารสนเทศอื่นที่สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการพื้นที่เพื่อรองรับอุทกภัยภายในท้องถิ่นได้อย่างเป็นรูปธรรมมากนัก ทั้งนี้เนื่องจากการขาดแคลนงบประมาณและการเข้าถึงข้อมูล

ข้อมูลเชิงระดับ หรือข้อมูลความสูงถือเป็นข้อมูลทางพื้นที่ที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากในการบริหารจัดการพื้นที่ที่ต้องประสบกับภาวะน้ำหลากเป็นประจำ ทั้งนี้ในปัจจุบันหน่วยงานภาครัฐหลายฝ่ายได้นำเอาเทคโนโลยีการสำรวจระดับสูงมาใช้ในการเก็บข้อมูลดังกล่าวเพื่อนำไปใช้ในการวางแผนและบริหารจัดการพื้นที่จากส่วนกลางหรือในระดับมหภาค แต่อย่างไรก็ตามในระดับท้องถิ่นหรือระดับจุลภาค การเข้าถึงหรือจัดทำข้อมูลดังกล่าวเพื่อนำมาบริหารจัดการพื้นที่ภายในชุมชนกลับเป็นเรื่องยากเนื่องด้วยความคลาดเคลื่อนของเครื่องระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS) การขาดแคลนงบประมาณและการขาดความรู้ความเข้าใจในเทคโนโลยีสมัยใหม่ของคนในท้องถิ่น

ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าควรมีการศึกษาเพื่อให้ได้กระบวนวิธีการสร้างแผนที่ข้อมูลเชิงระดับที่สามารถใช้ประกอบกับแผนที่ข้อมูลแนวราบ เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์และประมวลหาแนวทางการบริหารจัดการชุมชนริมน้ำในบริเวณที่ราบลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ทั้งนี้กระบวนวิธีดังกล่าวตั้งอยู่บนเงื่อนไขที่ว่า ต้องเป็นกระบวนวิธีการที่ไม่สิ้นเปลืองงบประมาณและไม่ซับซ้อนจนเกินกำลังที่หน่วยงานราชการส่วนท้องถิ่นและคนในท้องถิ่นจะนำไปประยุกต์ใช้งานเองได้อนึ่งบทความนี้มีวัตถุประสงค์สำคัญเพื่ออธิบายถึงกระบวนการทดลองการสร้างแผนที่เพื่อแสดงข้อมูลเชิงระดับด้วยชุมชนภายใต้เงื่อนไขการประหยัด โดยจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าการเก็บข้อมูลเชิงระดับจากกระบวนวิธีการซึ่งประยุกต์มาจากการวางแนวปลูกหญ้าแฝกที่ใช้สายยางระดับน้ำในการรังวัดแนวระดับพื้นที่ ถือเป็นกระบวนวิธีการที่น่าสนใจและน่าจะประสิทธิภาพในการได้มาซึ่งข้อมูลที่ถูกต้อง เนื่องด้วยเป็นกระบวนวิธีการที่ไม่ซับซ้อนและชาวบ้านที่เป็นช่างก่อสร้างคุ้นเคย

2. วัตถุประสงค์

เพื่อทดลองกระบวนการการสร้างแผนที่ข้อมูลเชิงระดับของชุมชนด้วยเครื่องมืออย่างง่ายและประหยัด

3. วิธีการวิจัย

กระบวนการทดลองการสร้างแผนที่ข้อมูลเชิงระดับด้วยเครื่องมืออย่างง่ายและประหยัด คณะผู้วิจัยได้ร่วมกับชาวบ้านทดลองภายในบริเวณหมู่บ้านริมแม่น้ำ ตำบลหัวเวียง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยมีอุปกรณ์ และขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1) สายยางวัดระดับน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 ซม. ความยาว 11 เมตร เพื่อกำหนดระดับมาตรฐานในการวัดความสูงจากระดับน้ำที่เท่ากัน และกำหนดความยาวเป็น 11เมตร เพื่อให้มีระยะเผื่อในการปรับระดับน้ำจากช่วงความยาวแนวราบ10เมตร

2) เชือกฟางความยาว10เมตรเพื่ออำนวยความสะดวกในการกำหนดช่วงระยะความยาวแนวราบทุก10 เมตร

3) ลูกดิ่งจับระดับเพื่อช่วยให้เกิดความแม่นยำในการวัดความสูงแนวตั้ง

4) ม้วนเทปวัดระยะ ไม่เกิน5เมตร เพื่อใช้วัดความสูงแนวตั้ง

5) กระดาษจดบันทึกข้อมูล

6) ภาพถ่ายทางอากาศแสดงขอบเขตพื้นที่สำรวจและแนวตัดที่จะทำการรังวัด

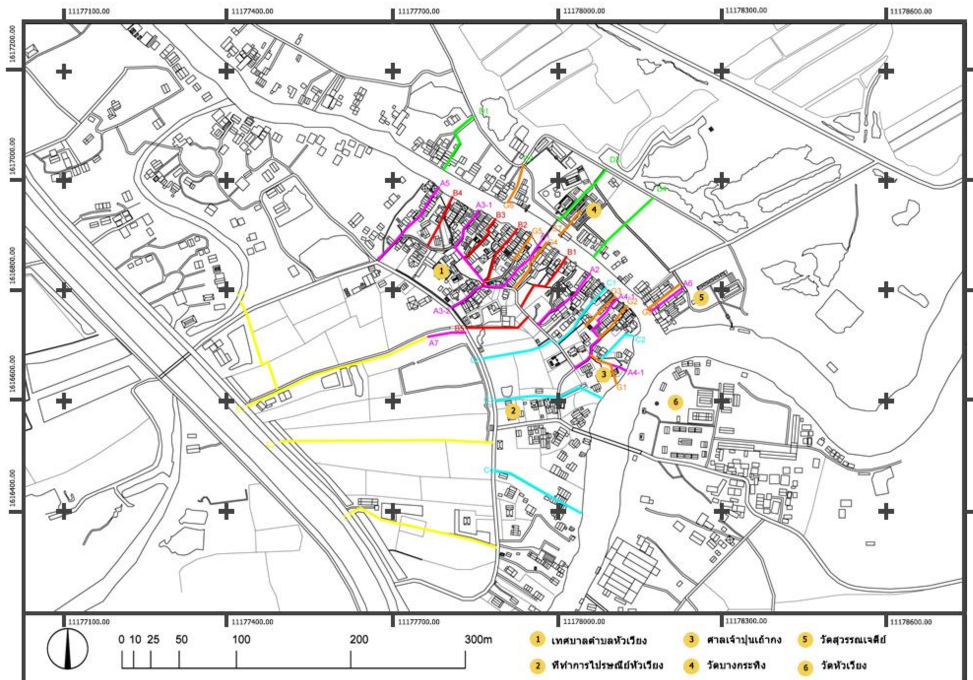
3.2 ขั้นตอนการทดลอง

การทดลองครั้งนี้แบ่งออกเป็น3ช่วงดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.2.1 การเก็บข้อมูลภาคสนาม

1) จัดกลุ่มให้มีสมาชิก 3-4คน และแยกทำหน้าที่แต่ละคนดังต่อไปนี้ (1) ผู้ถือปลายสายยางทั้งสองข้าง (2) ผู้วัดระยะความยาวแนวราบ (3) ผู้วัดระดับดิ่งและความสูงแนวตั้งและ (4) ผู้บันทึกข้อมูล

2) วางแผนกำหนดแนวเดินสำรวจจากภาพถ่ายทางอากาศโดยพิจารณาเงื่อนไขในการกำหนดแนวเดินสำรวจได้แก่ ความต่อเนื่องของแนวตัดเพื่อให้สามารถรวมแนวรูปตัดในการสร้างแผนที่ระดับของหมู่บ้านได้ทั้งนี้ให้เลือกพิจารณาบริเวณแนวสำรวจที่ต้องผ่านหรือมาบรรจบเจอลำคลองเพื่อให้สามารถเข้าถึง “โครงข่ายทางน้ำ” ซึ่งเป็นระดับอ้างอิงสำคัญอีกทั้งยังกำหนดให้จุดเริ่มต้นเป็นเส้นทางสัญจรทางบกหรือทางน้ำ



รูปที่ 1แผนที่แสดงแนวเดินสำรวจ
ที่มา: คณะผู้วิจัย

3) บรรจุน้ำลงไปในสายยางให้เต็มด้วยการเปิดก็อกใส่น้ำและไล่อากาศออกจากสายยางให้สมบูรณ์ แล้วจึงใช้นิ้วปิดปลายสายทั้งสองข้างระหว่างการเดินสำรวจ

4) ผู้ถือปลายสายยางบรรจุน้ำยืนห่างกันทุก10เมตร (โดยใช้เชือกฟางเป็นเครื่องมือในการวัดระยะ)

5) ประมาณระดับปากสายยางในแนวตั้งให้ใกล้เคียงกันมากที่สุด จากนั้นค่อยๆเปิดปากสายยางให้ระดับน้ำค่อยๆปรับความดันจนเสมอกันและอยู่นิ่งไม่เคลื่อนไหว

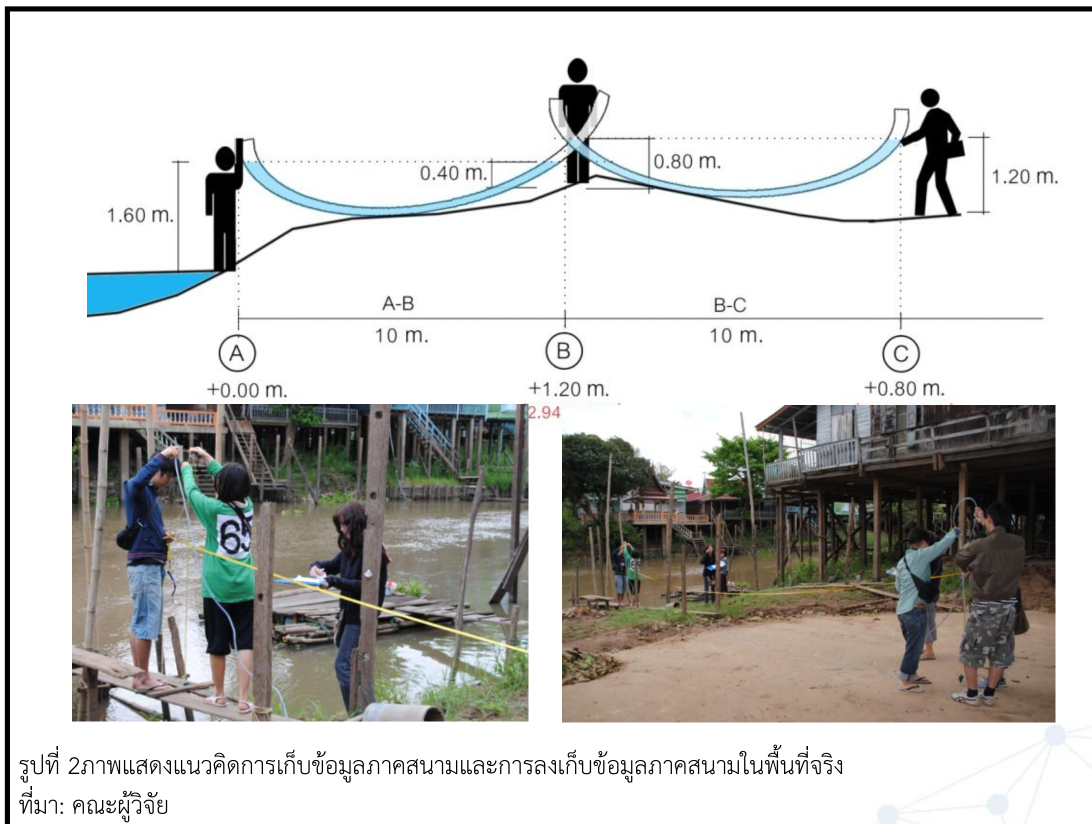
6) จับลูกดิ่งให้ตรงจากปากสายยาง (ทำการวัดทีละฝั่งของปลายสายยาง) แล้ววัดความสูงจากระดับน้ำจนถึงระดับพื้น ณ จุดที่ปลายลูกดิ่งอยู่

7) ทำการบันทึกตัวเลขความสูงของแต่ละจุดที่จับลูกดิ่ง ลงในกระดาษบันทึกความสูง

8) ตรวจสอบและทำการบันทึกแนวการเดินสำรวจรังวัดกับภาพถ่ายทางอากาศ

ตลอดเวลา

9) เมื่อมาถึงช่วงสิ้นสุดของระยะแนวราบ เช่น รังวัดมาจนเกือบถึงริมลำน้ำให้วัดระยะแนวราบส่วนที่เหลือตามจริง (ไม่จำเป็นต้องทำระยะที่10เมตร) และวัดความสูง ณ จุดที่สิ้นสุดนั้นเช่นเดียวกับที่ทำมาตลอด แล้วจึงบันทึกลงกระดาษบันทึก



รูปที่ 2ภาพแสดงแนวคิดการเก็บข้อมูลภาคสนามและการลงเก็บข้อมูลภาคสนามในพื้นที่จริง
ที่มา: คณะผู้วิจัย

3.2.2 การประมวลผลข้อมูล

1) นำบันทึกภาคสนามมาแปลงให้เข้ามาตราส่วนในกระดาษอีกชุดหนึ่งโดยกำหนดให้ข้อมูลแนวราบให้จุดระยะทุก10 เมตรและข้อมูลแนวตั้งให้นำผลการวัดความสูงของแต่ละปลายสายยางมาหักลบออก เพื่อหาผลต่างของระดับความสูงพื้นที่จริง

2) บันทึกข้อมูลลงในโปรแกรม

- ตรวจสอบระดับน้ำทะเลปานกลางที่จุด C-37 บางบาล พระนครศรีอยุธยาในวันที่สำรวจ
- ระบุระดับน้ำทะเลปานกลางของส่วนระดับน้ำลงบนแผนที่สำรวจแนวตั้ง

- ปรับเปลี่ยนตัวเลขในส่วนอื่นๆด้วยผลต่างระดับความสูงจริง

3) ประมวลข้อมูลย้อนกลับสู่แผนที่แนวราบ

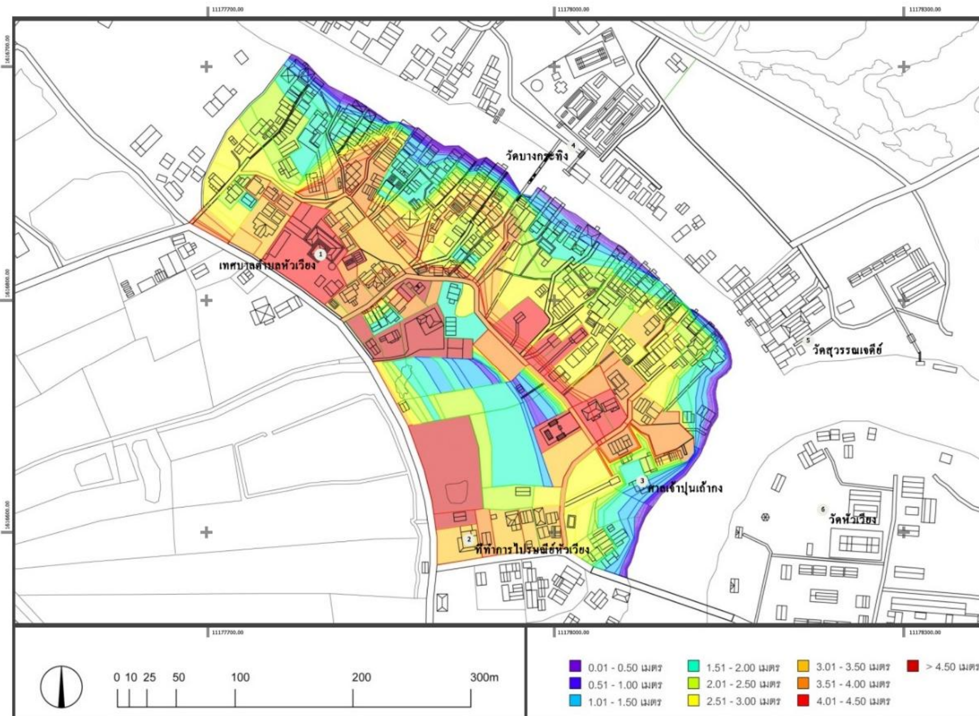
- สร้างเส้นระดับ (contour) จากแผนที่สำรวจแนวตั้ง

- เตรียมแผนที่แนวราบพร้อมระบุแนวตัดที่ดำเนินงานรังวัดทางแนวตั้ง
  - นำรูปตัดในแต่ละแนวของแผนที่สำรวจแนวตั้งมากำหนดตำแหน่งที่ความสูงทุก25ซม.
  - จุดตำแหน่งความสูงทุก25ซม.ลงบนแนวตัดแต่ละแนวของแผนที่สำรวจแนวราบ
  - เชื่อมจุดที่ความสูงเดียวกันทุก25ซม.เพื่อสร้างแผนที่เส้นระดับ

4. ผลการวิจัย

จากการทดลองจัดทำแผนที่เชิงระดับในพื้นที่หมู่บ้านริมน้ำ ตำบลหัวเวียง อำเภอเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยการประยุกต์กระบวนวิธีการที่มาจากการวางแนวปลูกหญ้าแฝกที่ใช้สายยางระดับน้ำในการรังวัดแนวระดับพื้นที่ พบว่า

1) กระบวนวิธีดังกล่าวสามารถนำมาใช้ในการเก็บข้อมูลเชิงระดับและนำมาสร้างเป็นแผนที่แสดงระดับความสูงได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้



รูปที่ 3แผนที่แสดงระดับความสูงของพื้นดิน
ที่มา:คณะผู้วิจัย

2) การจัดทำแผนที่ดังกล่าวสามารถจัดทำได้ง่ายและรวดเร็ว โดยใช้คนท้องถิ่นจำนวน 3 คนสำรวจพื้นที่จำนวน 1 ตารางกิโลเมตรในระยะเวลา 1-2 วันเท่านั้น อีกทั้งการจัดทำแผนที่ยังใช้งบประมาณต่ำเนื่องด้วยใช้เพียงอุปกรณ์ที่สามารถหาได้ในท้องถิ่นและราคาย่อมเยาอันได้แก่ ตลับเมตร สายยาง และลูกดิ่ง

5. สรุปผล

ในการทดลองการจัดทำแผนที่ข้อมูลเชิงระดับของพื้นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึงในตำบลหัวเวียง อำเภอเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่ากระบวนวิธีการที่ประยุกต์มาจากการวางแนวปลูกหญ้าแฝกโดยใช้สายยางระดับน้ำในการรังวัดแนวระดับพื้นที่นั้น ชาวบ้านสามารถกระทำได้รวดเร็ว เนื่องด้วยจากเป็นวิธีการที่ง่ายและไม่ซับซ้อน อีกทั้งวิธีการดังกล่าวยังเป็นวิธีการที่ช่างก่อสร้างในท้องถิ่นใช้ในการทำงาน การเก็บข้อมูลเชิงระดับด้วยวิธีนี้จึงเป็นเรื่องที่ชาวบ้านเข้าใจได้ง่ายและรวดเร็ว โดยในการเก็บข้อมูลระดับความสูงด้วยกระบวนวิธีการนี้ใช้คนท้องถิ่นจำนวนเพียง3 คน ลงสำรวจพื้นที่จำนวน 1 ตารางกิโลเมตรในระยะเวลา 1-2 วัน

การพิจารณาในด้านความประหยัด เนื่องด้วยการเก็บข้อมูลเพื่อจัดทำแผนที่ไม่ได้ใช้เทคโนโลยีขั้นสูง หากแต่ใช้อุปกรณ์ที่หาซื้อได้ในชุมชน จึงอาจกล่าวได้ว่าการทำแผนที่ข้อมูลเชิงระดับนั้นมีค่าใช้จ่ายที่น้อยกว่ากระบวนวิธีอื่นๆ และในประเด็นของความถูกต้องแม่นยำพบว่าการทำแผนที่ดังกล่าวจะมีความถูกต้องแม่นยำในระดับมาตราส่วนไม่มากไปกว่า 1:50 ด้วยเหตุนี้กระบวนวิธีในการเก็บข้อมูลดังกล่าวจึงน่าจะเป็นกระบวนวิธีในการเก็บข้อมูลเชิงระดับที่เหมาะสำหรับการจัดทำแผนที่ภายในชุมชนโดยความร่วมของคนหรือองค์กรของท้องถิ่นในพื้นที่

อนึ่งแผนที่แสดงข้อมูลเชิงระดับที่ได้จากกระบวนการนี้ถือเป็นแผนที่แสดงชั้นข้อมูลสำคัญที่จะช่วยเติมเต็มแผนที่ชุมชนเดิมจนนำไปสู่การจัดการพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

6. ข้อเสนอแนะ

ข้อมูลเชิงระดับเป็นข้อมูลที่มีความจำเป็นอย่างมากในการบริหารจัดการและพัฒนาพื้นที่ชุมชนริมน้ำโดยเฉพาะระดับจุลภาค ด้วยเหตุนี้การสังเคราะห์และจัดทำข้อมูลเชิงระดับของชุมชนผ่านการจัดทำแผนที่ระดับความสูงเพื่อนำไปใช้บริหารจัดการพื้นที่ต่อไปจึงเป็นประเด็นที่มีความจำเป็นอย่างยิ่ง ทั้งนี้การทดลองครั้งนี้เป็นการทดลองกระบวนการสร้างแผนที่ข้อมูลเชิงระดับของชุมชนบนเงื่อนไขสำคัญคือ ชุมชนต้องสามารถทำเองได้ และราคาประหยัด แต่อย่างไรก็ตามในการบริหารจัดการพื้นที่และออกแบบที่อยู่อาศัยให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมและเกิดความยั่งยืนยังจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลอื่นๆ มาบูรณาการข้อมูลร่วมกับข้อมูลเชิงระดับ ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลระดับที่อยู่อาศัย ข้อมูลระดับน้ำ

7. เอกสารอ้างอิง

Aonbenfield. (2012). **2011 Thailand Floods Event Recap Report: Impact Forecasting- March 2012**. Retrieved August 1, 2015, from: http://thoughtleadership.aonbenfield.com/Documents/20120314_impact_forecasting_thailand_flood_event_recap.pdf

Ministry of Finance, Royal Thai Government and The World Bank. (2012). **Thailand Flooding 2554 Rapid Assessment for Resilient Recovery and Reconstruction Planning**.Retrieved August 1, 2015, from: http://www.undp.org/content/dam/thailand/docs/UNDP_RRR_THFloods.pdf

การใช้ SRTM และ Google map ในการศึกษากลไกทางธรณีวิทยา

SRTM and Google Map in Geological Mechanism Study

สุพรรณ สายแก้วลาด, นพดล ภูมิวิเศษ, และ ชาญชัย ศรีสุธรรม

Suphan Saykawlard, Noppadol Poomvises, and Chanchai Srisutam

สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

e-mail: ssaykawlard@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษากลไกความเคลื่อนไหวและผลที่เกิดขึ้นด้านธรณีวิทยาจากข้อมูลระยะไกลเช่น SRTM และ Google map ของพื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ควรต้องนำหลักการทางวัสดุศาสตร์คือMaterial Science หรือ Material Engineering มาผสานเข้าด้วยกันในด้านรูปร่างวัสดุที่เปลี่ยนภายหลังได้รับแรงกดกระทำเนื่องจากเปลือกโลกเป็นวัสดุที่มีแรงกระทำให้เคลื่อนไหวโดยกระแสของเหลวภายในโลก ซึ่งแสดงให้เห็นคือการเกิดแรงผลักออกไปทั้งสองข้างของMid ocean ridges พื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้นี้ได้รับแรงจาก Mid ocean ridgesทั้งจากมหาสมุทรแปซิฟิกด้านทิศตะวันออก และจากมหาสมุทรอินเดียด้านทิศใต้ทำให้เกิดรูปร่างโครงสร้างพื้นฐานบนพื้นมหาสมุทรคือพื้นที่สูงเป็นเกาะรูปโค้งหรือวงรีกับแอ่งและร่องลึก (Island arcs and basins with trenches)สำหรับบนภาคพื้นแผ่นดินของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ การศึกษาโครงสร้างธรณีวิทยาใช้ข้อมูลระดับความสูงของSRTMโดยติดตามร่องรอยเลื่อนที่เกิดในช่วงเวลาธรณีวิทยาเดียวกันและรูปร่างที่เชื่อมโยงกันได้กับลักษณะของวัตถุเมื่อถูกแรงกดกระทำพบว่ามีโครงสร้างใหม่ที่เกิดทับซ้อนลงบนโครงสร้างเก่าโครงสร้างเก่าคาดว่าเป็นรอยเลื่อนในแนวเหนือใต้ตั้งแต่มณฑลยูนนานในประเทศจีนตลอดลงมาถึงประเทศไทย โดยเกิดจากเมื่อมีการชนของผืนทวีปอินเดียและยูเรเซียนั้นพื้นที่ส่วนริมและตรงกลางของภาคพื้นแผ่นดินเคลื่อนไหวลงมาไม่เท่ากันจากนั้นโครงสร้างแนวเหนือใต้นี้ได้แตกออกเป็นหลายส่วนแต่ละส่วนพัฒนาเป็นโครงสร้างวงรี เช่น ตั้งแต่ช่วงจังหวัดตากขึ้นไปทางเหนือโดยที่แนวเดิมหดสั้นลงตรงรอยต่อระหว่างวงรีจะมีลักษณะคล้ายคอขวด พบว่ามีแผ่นดินไหวเกิดขึ้นใกล้บริเวณคอขวดนี้ เช่นที่จังหวัดเชียงราย ตรงกลางส่วนโค้งวงรีก็จะแตกหักง่ายและทำให้เกิดแผ่นดินไหวด้วยเช่นกันเช่นในประเทศเนปาล การใช้ภาพข้อมูลSRTM จากดาวเทียมศึกษาร่วมกับหลักวัสดุศาสตร์จึงมีประโยชน์อย่างมากในการทำให้เข้าใจโครงสร้างธรณีวิทยาพร้อมทั้งกลไกการเกิดได้มากขึ้น การศึกษาเพิ่มเติมถึงขบวนการธรณีวิทยาโดยละเอียดเฉพาะพื้นที่จะสามารถทำให้เข้าใจธรณีวิทยาได้เพิ่มขึ้นและนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น แหล่งทองคำที่สำคัญมักอยู่ใกล้ส่วนแคบของรอยต่อโครงสร้างวงรีซึ่งควรเป็นบริเวณที่เฝ้าระวังการเกิดแผ่นดินไหวด้วยเช่นกัน

คำสำคัญ: SRTM, แรงกด, ธรณีวิทยา, เอเชียตะวันออกเฉียงใต้, แผ่นดินไหว

ABSTRACT

Material behavior after compression from Material Science or Material Engineering theory must be integrated or applied to study geological mechanism from Remote Sensing, such as SRTM data and Google map. Because the earth crust is material andhas been movedbyliquid current inside the earth. The indicator is force pushing away from mid ocean ridges. Southeast Asia receives compressional force from mid ocean ridges both from Pacific Ocean in the east and Indian Ocean in the south. So the basic shapes in elliptical forms are formed on the ocean floor, for example high elevation island arcs with basins and trenches. On Southeast Asia terrain, the geological structures are studied and delineated from SRTM data by tracing fault lines of the same geological periodand also can be related to the same deformed shapes. Older structures are found overprinted by younger structures. The older

structures or faults expectingin north-south trend from Yunnan to Thailand area were result ofIndia and Eurasia continental collision. The unequal downward movement between the rim and the middle part of Southeast Asia terrain built north-south structures.Then the north-south structures were broken and new string of ellipses was developed from Tak Province up tonorthern area. The length of older structures was shorten. Between the ellipses formed bottleneck shapes. Earthquake epicenters are observed near the necks, for example in Chiangrai Province. At the middle part of ellipse curvatures are easily broken and earthquakes also occur, for example in Nepal. So the use of SRTM data integrated with Material Science theory brings more understanding to geological structures and mechanism. Detailed geological process study of specific area will bring more understanding and advantage. For example, important gold minesare closed to the necks of ellipses where earthquakes should be watch over.

KEY WORDS : SRTM, compression, Geology, Southeast Asia, earthquake

1. บทนำ

การศึกษากลไกความเคลื่อนไหวและผลที่เกิดขึ้นด้านธรณีวิทยาจากข้อมูลระยะไกลเช่นShuttle Radar Topography Mission (SRTM)ซึ่งแม้มีความละเอียดของข้อมูลในระยะห่างกันถึง 90 เมตร แต่มีความละเอียดของระดับความสูงถึงมิลลิเมตร ทำให้สามารถดูโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่แท้จริงได้ละเอียด แต่การนำไปใช้แปลความหมายควรต้องนำความรู้สาขาวิชาต่างๆ มาผสมผสาน เช่น อุทกธรณีวิทยาหรือวิศวกรรมธรณี ที่จะดูคุณสมบัติของโครงสร้างหินในพื้นที่มากขึ้น จึงไม่เลือกลากเส้นโครงสร้างใดๆ อย่างเดียวเพียงไม่กี่เส้น แต่ต้องพิจารณาทั้งหมดเพราะรอยแตกรอยแยกในหินจะเกี่ยวกับความมั่นคงแข็งแรงหรือการอุ้มน้ำ เมื่อได้พิจารณาเส้นหรือร่องรอยที่ปรากฏบนภาพข้อมูลดาวเทียมเพิ่มขึ้น ความรู้ที่ใช้อาจไม่เพียงพอ เพราะหินเป็นวัสดุที่ถูกกระทำไปแล้ว สิ่งที่ควรนำมาพิจารณาด้วยคือด้านวัสดุศาสตร์หรือวิศวกรรมวัสดุ จะช่วยให้เข้าใจพื้นที่และเกิดแนวคิดเกี่ยวกับกลไกการเกิดโครงสร้างทางธรณีวิทยาใหม่ ที่สามารถนำไปพัฒนาต่อได้

2. วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้เพื่ออธิบายขบวนการเกิดลักษณะภูมิประเทศและธรณีวิทยาจากการใช้ข้อมูลระยะไกลเช่นShuttle Radar Topography Mission (SRTM)โดยผสานกับหลักวิชาการวัสดุศาสตร์ สร้างความเข้าใจรูปทรงโครงสร้างธรณีวิทยาตามกลไกการเกิดที่ควรจะเป็น และสามารถนำไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาต่อไปได้

3. วิธีการวิจัย

วิธีการวิจัย: แปลภาพข้อมูล SRTM ด้านธรณีวิทยาวิเคราะห์ข้อมูลแรงกระทำจากแผ่นดินไหว เชื่อมโยงข้อมูลกับโครงสร้างธรณีวิทยา ตรวจสอบภาคสนาม

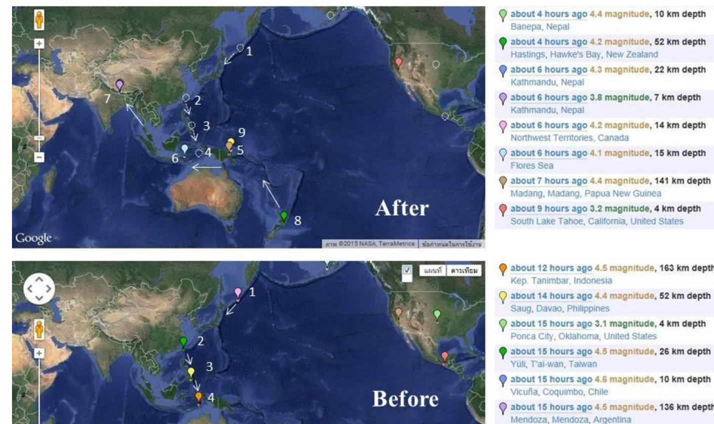
วัสดุ : ข้อมูล Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)ภาพ Google Earth ของพื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้, , ข้อมูลธรณีวิทยา ข้อมูลแผ่นดินไหวปัจจุบัน, โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์

4. ผลการวิจัย

4.1 การวิจัยแรงกระทำและรูปทรงผลของแรง

ก. แรงจากความเคลื่อนไหวของเปลือกโลก

จากข้อมูลแผ่นดินไหวปัจจุบันที่ได้จากเว็บ http://earthquaketrack.com พบว่าโดยปกติความเคลื่อนไหวของเปลือกโลกด้านมหาสมุทรแปซิฟิก จะมีการเคลื่อนที่จากทิศตะวันออกไปทางทิศตะวันตก และด้านเหนือลงด้านใต้ ดังในรูปที่ 1 แต่ยังมีความเคลื่อนไหวย่อยภายในพื้นที่ โดยเคลื่อนไหวกระจายออกจากจุดศูนย์กลางในเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย หรือในภาคเหนือของประเทศไทย มักจะมีการเคลื่อนไหวจากด้านบนลงด้านล่างเป็นปกติ แต่มีบางครั้งที่เคลื่อนไหวจากภาคใต้ขึ้นไปยังภาคเหนือของประเทศไทย สรุปก็คือเปลือกโลกด้านเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ยังมีความเคลื่อนไหวที่คล้ายหรือต่อเนื่องมาตั้งแต่การเปิดมหาสมุทรแปซิฟิก เมื่อประมาณ 150 ล้านปีมาแล้ว โดยเคลื่อนที่ด้วยกระแสหมุนเวียนของเหลวภายในโลก และมีแรงผลักออกไปทั้งสองข้างของMid ocean ridgesจากในมหาสมุทรแปซิฟิกด้านทิศตะวันออก และจากมหาสมุทรอินเดียด้านทิศใต้ (Tingayand Morley, 2010)



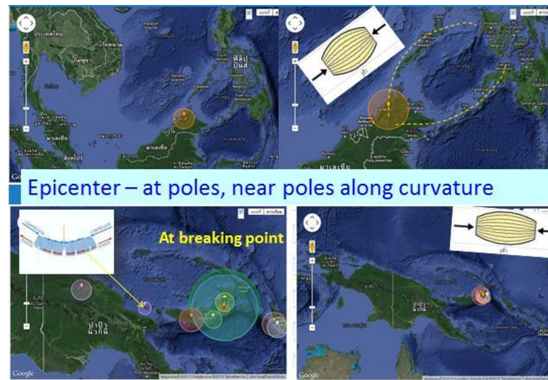
Movement of earthquake epicenters on 17 June 2015 13:00
Source: http://earthquaketrack.com

รูปที่ 1 ความเคลื่อนไหวของเปลือกโลกด้านมหาสมุทรแปซิฟิกมีการเคลื่อนที่จากทิศตะวันออกไปตะวันตก และทิศเหนือไปทิศใต้

ข. ผลของแรงกระทำตามหลักวัสดุศาสตร์

รูปทรงของผลของแรงกระทำด้านมหาสมุทรแปซิฟิกในการศึกษาโครงสร้างธรณีวิทยาใช้ข้อมูลระดับความสูงของ SRTMเป็นรูปร่างที่เชื่อมโยงกันได้กับลักษณะของวัตถุเมื่อถูกแรงกดกระทำ จะก่อให้เกิดรูปร่างการยกตัวสูงเป็นแนวของเกาะและแอ่งต่ำ ที่เป็นแนวโค้งแบบวงรี คือเกิด Island arcs และ Trenches บนพื้นมหาสมุทรพร้อมกับการแตกและขยับตัวให้สารเหลวภายใต้เปลือกโลกไหลและปะทุขึ้นมาเย็นตัวข้างบนเป็นหินอัคนีต่างๆ พร้อมกับการเกิดแผ่นดินไหวตลอดแนวโค้งของหมู่เกาะรวมทั้งที่มุมแหลมของรูปโค้งนั้นด้วย ตามรูปที่ 2 จุดที่มีความเคลื่อนไหวเหล่านี้ คาดว่าเป็นจุดที่แร่ธาตุต่างๆ ขึ้นมาถึงผิวโลกได้

รูปวงรีที่เกิดขึ้นจากแรงกดกระทำ ใช้อธิบายรูปร่างลักษณะแนวเขาและเกาะในภาคใต้ของประเทศไทย ตลอดไปถึงทะเลอันดามัน ตลอดจนเกาะในประเทศอินโดนีเซียได้ โดยรูปทรงโค้งเป็นที่สูงเหนือน้ำเป็นเกาะต่างๆ และไม่ได้เสถียรคงที่ มีการแปรเปลี่ยนสร้างให้เกิดแนวเกาะแนวใกล้กันได้หลายแนว รวมทั้งทำให้เข้าใจถึงการแตกหักตรงช่วงกลางแนวโค้ง ที่จะก่อให้เกิดการพัฒนาเป็นรูปโค้งใหม่ที่มักมีแนวแกนเดียวกัน



รูปที่ 2 การเปรียบเทียบรูปร่างของแนวเกาะจากภาพกูเกิ้ลแมพกับรูปร่างของวัสดุเมื่อถูกแรงกดกระทำ

4.2 การแปลโครงสร้างธรณีวิทยาของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้



รูปที่ 3 โครงสร้างธรณีวิทยาของเอเซียตะวันออกเฉียงใต้จากการทำงานบนข้อมูล SRTM

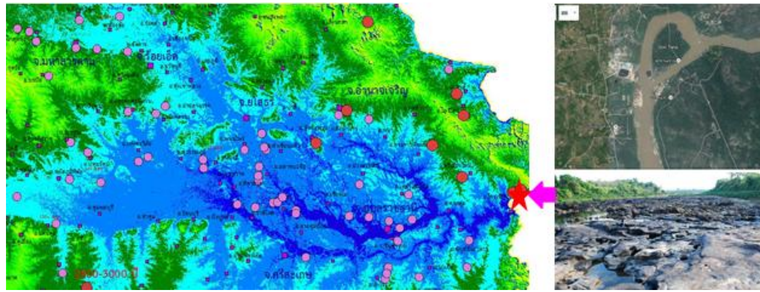
วิธีการประยุกต์ข้อมูลจากดาวเทียม เช่น SRTM และกูเกิ้ลแมพ เพื่อแปลโครงสร้างธรณีวิทยาให้สอดคล้องกับธรรมชาติบนผิวโลก ใช้วิธีติดตามแนวรอยเลื่อนที่มีประวัติธรณีวิทยาว่าเกิดการเคลื่อนไหวในยุคเดียวกันและสอดคล้องกับรูปทรงผลการกระทำของแรงกับวัตถุ เนื่องจากภายในภาคพื้นทวีปนี้ โครงสร้างที่เกิดขึ้นก่อนได้ถูกแปรเปลี่ยนไปมีโครงสร้างใหม่ที่เกิดทับซ้อนลงบนโครงสร้างเก่า (Overprinted) (Chi and Dorobek, 2014) พบว่า โครงสร้างเก่าคาดว่าเป็นรอยเลื่อนในแนวเหนือใต้หลายแนวและเกิดต่อเนื่องตั้งแต่มณฑลยูนนานในประเทศจีนตลอดลงมาถึงประเทศไทย โดยเกิดจากเมื่อมีการชนของผืนทวีปอินเดียและยูเรเซีย แล้วพื้นที่ส่วนริมและตรงกลางของภาคพื้นแผ่นดินเคลื่อนไหวลงมาไม่เท่ากัน (Liu, 2009)

จากการรวบรวมและแปลความหมายข้อมูลต่างๆเข้าด้วยกัน จะได้รูปโครงสร้างธรณีวิทยาดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งเมื่อเข้าใจรูปแบบกลไกการเคลื่อนไหวและผลของแรงแล้ว จะสามารถนำไปไขปัญหาที่ยังไม่สามารถอธิบายได้ เช่นสภาพธรณีวิทยาและภูมิศาสตร์ในอดีตของในภาคพื้นที่ต่างๆ ตัวอย่างคือ

1) การเกิดแอ่งต่างๆ ในภาคเหนือของประเทศไทย ที่เกิดเป็นแนวแอ่งต่ำที่มักขนาบด้วยเทือกเขา ที่อาจเคยเป็นแนวยาวจากภาคใต้ของไทยจนถึงยูนนาน จากนั้นได้ถูกตัดขาดออกจากกัน ทำให้บางบริเวณสูงขึ้นจนแอ่งขาดออกจากกันเป็นช่วงๆ

ตามหมายเลขในรูปที่ 3 นั้น ตะกอนที่มาสะสมตัวในแอ่งจึงเปลี่ยนไปได้ตามสภาพที่เปลี่ยนไป เช่น การมีน้ำทะเลเข้ามาได้ในช่วงเวลาหนึ่ง

2) การเกิดทะเลทุ่งกุลาร้องไห้ได้ เนื่องจากที่บางบริเวณของปากแม่น้ำมูลแคบและสูงกว่าที่อื่นจากแก่งหินขวางทางน้ำเช่นที่แก่งตะนะที่คาดว่าหินที่เป็นตลิ่งได้ขยับตัวทรุดเลื่อนลงมาในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นแนวจากศึกษามาแล้วว่าประเทศไทยปัจจุบันมีการยืดตัวออกทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ นอกจากนั้นความเคลื่อนไหวที่ทำให้เกิดหินภูเขาไฟยุคใหม่เป็นแนวตะวันออก-ตะวันตกทางพื้นที่อีสานใต้ (Chualaowanichet. al., 2008) อาจมีผลกระทำให้หินเลื่อนลงมาปิดขวางทางออกของลำน้ำมูลและเกิดน้ำท่วมขังในระยะเวลาหนึ่งในอดีต ซึ่งน้ำที่ท่วมขังอาจจะมีระดับสูงกว่า 130 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง และมีผลกับการแปลความหมายการเกิดและอายุของตะกอนในภาคพื้นนี้ซึ่งควรต้องมีการศึกษาและตรวจสอบต่อไป



รูปที่ 4 ขอบเขตของทะเลทุ่งกุลาร้องไห้และแก่งตะนะบริเวณปากแม่น้ำมูล

5. วิจารณ์และสรุปผล

ผลของการศึกษาครั้งนี้เป็นการเปิดทางแนวความคิดใหม่ในการใช้วิชาการสาขาต่างๆ ทำงานร่วมกัน เพราะอุปสรรคอย่างหนึ่งของการศึกษาบางสาขาวิชา คือ การเข้าถึงและเข้าใจข้อมูลจากดาวเทียม จึงทำให้เกิดข้อจำกัดในการทำงานและใช้ประโยชน์เพื่อแปลความหมายสภาพตามที่ควรเป็นจริงและเป็นไปได้ เช่น การแปลรูปทรงโครงสร้างโค้งในพื้นที่ภาคพื้นเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งคาดว่าได้ถูกกระทำมาตลอดตั้งแต่เปิดมหาสมุทรแปซิฟิกเมื่อประมาณ 150 ล้านปีมาแล้ว รูปทรงที่เกิดจึงซับซ้อนจนยากที่จะแยกและเข้าใจ

นอกจากนี้ผลการศึกษาครั้งนี้จะช่วยให้เกิดการวางพื้นฐานวิชาการ เสริมสร้างแนวคิดและทำให้มีการสำรวจเพิ่มเติม เพื่อเป็นข้อมูลหลักที่ช่วยการแก้ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและการบริหารจัดการแหล่งน้ำได้

6. ข้อเสนอแนะ

การนำความรู้สาขาต่างๆ มาใช้ร่วมกัน จะสร้างองค์ความรู้ใหม่จากองค์ความรู้เดิมได้ เพราะข้อมูลเพียงชนิดเดียว ที่ศึกษาในพื้นที่จำกัด เช่น ในเขตประเทศใดประเทศหนึ่ง ไม่สามารถนำมาศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงควรมีการตรวจสอบศึกษาและสรุปใหม่โดยใช้ข้อมูลในบริเวณกว้างขึ้น ร่วมกับแนวคิดจากสาขาวิชาอื่น เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่น่าจะเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้จริงบนผิวโลก

เอกสารอ้างอิง

บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์. **โพลิเมอร์คอมโพสิต.**ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติRetrieve : June 26, 2014,from : http://www.neutron.rmutphysics.com/news/index.php?option= com_content&task=view&id=1608.

Chi C. T. and Dorobek S. L. (2014) **Cretaceouspalaeomagnetism of Indochina and surrounding regions: Cenozoic tectonic implications.** Retrieved from: http://sp.lyellcollection.org/content/226/1/273.abstract

Chualaowanich T., Saisuthichai D., Sarapanchotewittaya P., Charusiri P. (2008) **New 40Ar/39Ar Ages of Some Cenozoic Basalts from the East and Northeast of Thailand**. Proc. Inter. Sym. Geoscience Resources and Environments of Asian Terranes (GREAT 2008), November 24-26, 2008, Bangkok, Thailand.

Gelabert B., Sabat, F., Rodriguez-Perea, A., and Fornosl. (2004) **On the origin of the North Pacific arcs.**GeologicaActa, Vol.2, N°3, 2004, 203-212. Retrieved from : http://www.geologica-acta.com

Hammarstrom, J.M., et.al.(2013).**Porphyry copper assessment of Southeast Asia and Melanesia: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2010–5090–D**, 332 p. and GIS data. Retrieved from:http://pubs.usgs.gov/sir/2010/5090/d/

Liu M..(2009) **Modeling Lithospheric Deformation with Faults**. Dept. of Geological Sciences, University of Missouri. Retrieved date : August 8, 2015, from : http://geodynamics.org/cig/files/8814/1158/9452/Liu08-Faults.pdf

Morley C. K., et. al. (2007) **Evolution of deformation styles at a major restraining bend, constraints from cooling histories, Mae Ping fault zone, western Thailand.** Geological Society, London, Special Publications 2007; v. 290; p. 325-349.

Nguyen T. T., Bich et. al. (2004) **Granitoids in the Dalat zone, southern Vietnam: age constraints on magmatism and regional geological implications**. Int J Earth Sci (2004) 93:329–340.

Tingay M., Morley C., et. al.(2010)**Present-day stress field of Southeast Asia**.Tectonophysics 482 (2010) 92–104. Retrieved from :http://www.elsevier.com/locate/tecto

การออกแบบขั้นตอนวิธีเพื่อค้นหารูปแบบสภาพแล้งในข้อมูลดาวเทียมสำรวจสภาพแวดล้อม

The Design of an Algorithm to Search for Drought Patterns in Environmental Satellite Data

นิตยา เกิดประสพ, ศุภจิตรี บุญอำนวย,กิตติศักดิ์ เกิดประสพ

NittayaKerdprasop, SupajittreeBoonamnuay, KittisakKerdprasop

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา

โทรศัพท์ 044-224-432 / e-mail:nittaya@sut.ac.th

บทคัดย่อ

การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในงานรับรู้ระยะไกลส่วนใหญ่จะเป็นการใช้เทคนิคการประมวลผลภาพช่วยในการสร้างแผนที่ งานวิจัยนี้ได้นำเสนอแง่มุมใหม่ของการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อการวิเคราะห์และค้นหารูปแบบจากฐานข้อมูลดาวเทียมสำรวจสภาพแวดล้อมโลก ผู้วิจัยได้ออกแบบวิธีการบันทึกรูปแบบสภาพแล้งของจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยเพื่อเก็บไว้ในฐานความรู้ สภาพแล้งของจังหวัดถูกตีความจากร้อยละของพื้นที่ในจังหวัดที่มีค่าความสมบูรณ์ของพืชพรรณต่ำกว่า 35 ซึ่งถือว่ามีระดับความแห้งแล้งปานกลางถึงค่อนข้างสูง รูปแบบสภาพแล้งใช้ลักษณะของสมการถดถอยระหว่างช่วงเวลาและดัชนีความสมบูรณ์ของพืชพรรณ ผู้ใช้สามารถสั่งการค้นหารูปแบบในพื้นที่จังหวัดที่สนใจตามแต่ละช่วงเวลาของปี ระบบใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการถดถอยแสดงเป็นค่าแนวโน้มสภาพแล้ง ค่าบวกหมายถึงแนวโน้มของสภาพแล้งที่เพิ่มขึ้น ค่าลบหมายถึงแนวโน้มลดลง นอกจากนี้ระบบยังสามารถแสดงผลการค้นหาจังหวัดอื่นที่มีลักษณะแนวโน้มคล้ายกันให้ผู้ใช้ทราบ เทคนิคการบันทึกรูปแบบสภาพแล้งและการค้นหารูปแบบดังกล่าวเป็นองค์ความรู้ที่พัฒนาขึ้นใหม่ในงานวิจัยนี้

คำสำคัญ: การออกแบบขั้นตอนวิธี;เทคนิคการค้นหารูปแบบ; ข้อมูลดาวเทียมสำรวจสภาพแวดล้อม

ABSTRACT

The use of computer in the remote sensing field is mostly for creating map with the image processing facilities. In this research, we propose a new aspect of computer technology to the remotely sensed data analysis and pattern search. We design a method to record drought patterns of the northeastern provinces of Thailand in the knowledge base. Drought of each province can be inferred from the percentage of provincial area that has vegetation health index (VHI) below 35, which indicates drought level from moderate to high intensity. Pattern of drought defines fromthe regression association between time and VHI. Users can select the province of their interest to search for drought pattern at a specific time of the year. The system uses regression coefficient to report trend of drought; positive is the increasing drought level, whereas negative is the decrease. The system can also report other province that shows similar pattern. The pattern store and search techniquesare our main contribution.

KEY WORDS: Algorithm design; Pattern search technique; Environmental satellite data

1. บทนำ

การใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในด้านปัญญาประดิษฐ์และระบบฐานข้อมูลอัจฉริยะ มาช่วยในการบันทึกและประมวลผลข้อมูลจากการรับรู้ระยะไกล ได้ดำเนินการมานานกว่า 30 ปี (McKeown, 1986) การใช้ประโยชน์ปัญญาประดิษฐ์ส่วนใหญ่จะอยู่ในลักษณะของระบบผู้เชี่ยวชาญแบบกฎ (rule-based expert system) และระบบฐานความรู้ (knowledge

base system) การประยุกต์ใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญกับข้อมูลดาวเทียมในระยะแรก มักจะเป็นการตัดสินใจจำแนกประเภทสิ่งปกคลุมดินจากภาพถ่ายดาวเทียม โดยใช้กฎการจำแนกที่สร้างจากข้อสรุปที่เรียนรู้จากพื้นที่ตัวแทน (training area) ของข้อมูลภาคพื้นดิน (Kartikeyan et al., 1995)

งานวิจัยที่ใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญช่วยในการจำแนกประเภทสิ่งปกคลุมดิน ปรากฏทั้งในงานจำแนกและศึกษาการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่งทะเล (Krapivin& Phillips, 2001) งานจำแนกพื้นที่แห้งแล้งในรัฐอริโซนา ประเทศสหรัฐอเมริกา (Stefanov et al., 2001) จำแนกพื้นที่ในประเทศตุรกี (Kahya et al., 2010) รวมถึงการจำแนกพื้นที่เพาะปลูกและพื้นที่ป่าไม้ในอังกฤษและประเทศอื่น ๆ(Cohen &Shoshany, 2002; Lucas et al., 2007; Shoshany, 2008; Thorat et al., 2015) งานวิจัยเหล่านี้มักจะใช้ซอฟต์แวร์ประมวลผลข้อมูลภาพที่มีฟังก์ชันการจำแนกประเภทรวมอยู่ในส่วนวิเคราะห์ข้อมูลเช่น ซอฟต์แวร์ ERDAS แต่ในงานวิจัยระยะหลัง (Shesham, 2012; Goyal et al., 2014) เริ่มมีการใช้ซอฟต์แวร์เฉพาะทางสำหรับสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญแบบกฎ เช่นซอฟต์แวร์ JESS โดยประยุกต์ใช้ JESS ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System, GIS)

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เสนอแนวทางการขยายขีดความสามารถของระบบผู้เชี่ยวชาญแบบกฎ และระบบฐานความรู้ในงานรับรู้ระยะไกลซึ่งปกติจะบันทึกข้อมูลสองส่วนคือ ข้อมูลพื้นฐานและกฎการตัดสินใจโดยงานวิจัยนี้ได้เสนอให้เพิ่มการบันทึกข้อมูลส่วนที่สาม คือรูปแบบ (pattern or model) ที่เป็นผลจากการวิเคราะห์พื้นที่แห้งแล้งบันทึกไว้ในฐานความรู้ การเพิ่มแพทเทิร์นหรือรูปแบบดังกล่าวจะช่วยให้การสอบถามข้อมูลจากระบบผู้เชี่ยวชาญทำได้หลากหลายลักษณะและเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้มากขึ้น

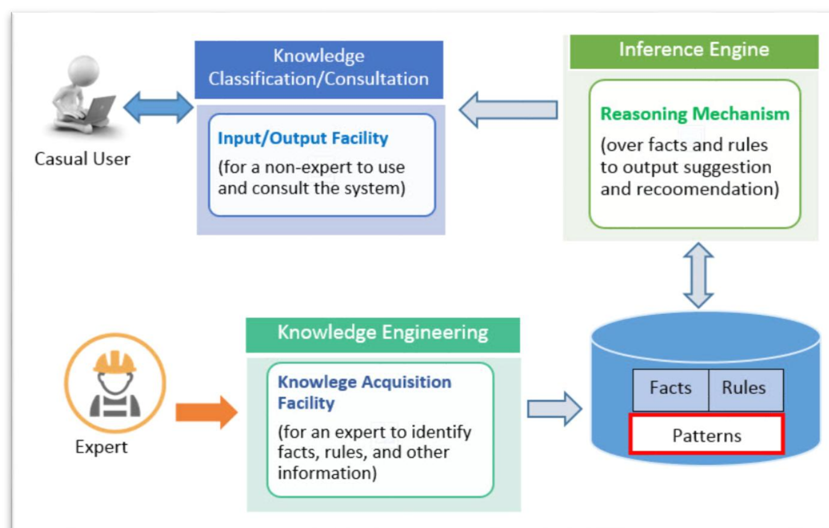
2. การออกแบบระบบ

ระบบผู้เชี่ยวชาญที่เสนอในงานวิจัยนี้ สามารถให้ทั้งคำแนะนำ เปรียบเทียบรูปแบบ และผลการค้นหารูปแบบ ส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบแสดงในรูปที่ 1

ส่วนของ Knowledge Classification/Consultation เป็นส่วนกราฟิก (Graphical User Interface, GUI) ที่ทำหน้าที่แสดงข้อความโต้ตอบกับผู้ใช้ทั่วไปใช้สำหรับรับคำสั่งและแสดงคำแนะนำหรือผลลัพธ์ของการประมวลผล

ส่วน Knowledge Engineering เตรียมไว้สำหรับวิศวกรความรู้ (knowledge engineer) หรือผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง (domain expert) ใช้สำหรับบันทึกข้อมูลและกฎการตัดสินใจลงในฐานความรู้

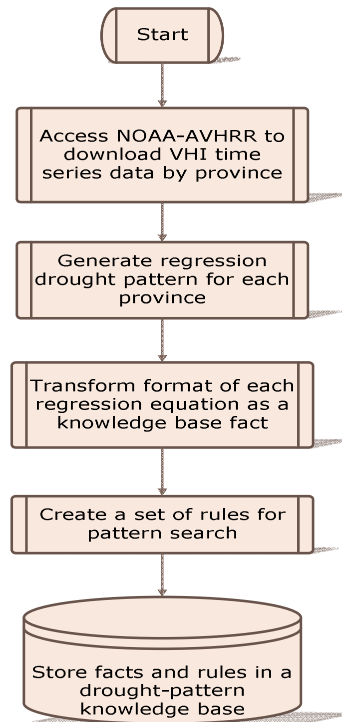
ส่วน Inference Engine เป็นโปรแกรมที่ทำหน้าที่ค้นหาข้อมูล โดยค้นหาอย่างง่ายจากข้อมูลพื้นฐานในส่วนของข้อความที่เป็นจริง (facts) และค้นหาในลักษณะของการใช้เหตุผลเชิงตรรกะจากส่วนของกฎ (rules) และรูปแบบ (patterns) การมีส่วนแพทเทิร์นเพิ่มขึ้นในฐานความรู้ ทำให้ต้องมีการสร้างกฎเพื่อเป็นกลไกในการค้นหาแพทเทิร์น



รูปที่ 1 โครงสร้างของระบบฐานความรู้ที่เพิ่มขีดความสามารถให้บันทึกแพทเทิร์นในฐานความรู้ได้

3. ขั้นตอนวิธีการสร้างฐานความรู้และการค้นหารูปแบบสภาพแล้ง

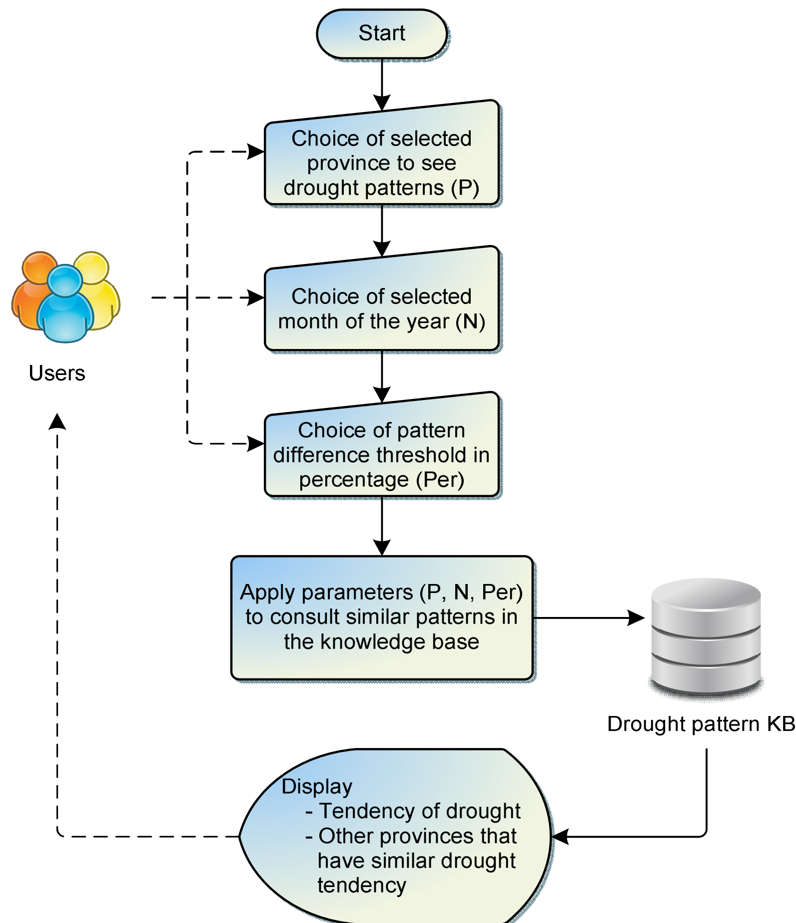
การวิเคราะห์สภาพแล้งในงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูล Global Vegetation Health Products ของดาวเทียม NOAA STAR (http://www.star.nesdes.noaa.gov/smcd/emb/vci/VH/index.php) โดยเลือกศึกษาเฉพาะข้อมูลดัชนีความสมบูรณ์ของพืชพรรณ (Vegetation Health Index, VHI)ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขั้นตอนการวิเคราะห์และบันทึกรูปแบบสภาพแล้งในฐานความรู้แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2ขั้นตอนการสร้างฐานความรู้เพื่อบันทึกรูปแบบสภาพแล้ง

ในขั้นตอนแรกจะเป็นการดาวน์โหลดข้อมูลที่เป็นข้อมูลตัวเลขและเป็นอนุกรมเวลา (time series) เผยแพร่ในเว็บไซต์ NOAA STAR ข้อมูลนี้บันทึกเป็นรายสัปดาห์ จึงต้องแปลงข้อมูลเป็นรายเดือนเพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่บันทึกเป็นรายเดือน จากนั้นจัดกลุ่มข้อมูลเป็นช่วงเวลาสองเดือน (มกราคม-กุมภาพันธ์, มีนาคม-เมษายน, พฤษภาคม-มิถุนายน, กรกฎาคม-สิงหาคม, กันยายน-ตุลาคม, พฤศจิกายน-ธันวาคม) เพื่อลดความซับซ้อนของโมเดล การวิเคราะห์สภาพแล้งใช้รูปแบบสมการถดถอยโดยมีข้อมูลมิติของเวลาเป็นตัวแปรต้นและใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่มีค่า VHI ต่ำกว่า 35 (หมายถึงเป็นบริเวณที่มีความแห้งแล้งค่อนข้างมาก) เป็นตัวแปรตาม จากนั้นแปลงสมการถดถอยให้เป็นข้อความเชิงตรรกะ (รายละเอียดปรากฏในหัวข้อ 4)ขั้นตอนต่อมาคือการสร้างกฎเพื่อใช้ช่วยในการค้นหาแพทเทิร์นและสุดท้ายเป็นขั้นตอนของการบันทึกแพทเทิร์นและกฎการค้นหาแพทเทิร์นลงในฐานความรู้

ขั้นตอนวิธีการค้นหารูปแบบสภาพแล้ง (รูปที่ 3) เริ่มต้นด้วยการแสดงกล่องข้อความโต้ตอบให้ผู้ใช้ระบุข้อมูลนำเข้า 3 รายการคือเลือกจังหวัดที่สนใจ (P) เลือกช่วงเวลาของปี (N) และเลือกเกณฑ์เพื่อใช้ในการค้นหาจังหวัดที่มีแนวโน้มสภาพแล้งคล้ายกันโดยระบุเป็นค่าร้อยละ (Per) เช่นถ้าระบุ Per เป็น 30 หมายถึงให้ค้นหาจังหวัดอื่นที่มีรูปแบบความแห้งแล้งคล้ายกับจังหวัด P โดยแนวโน้มจะต้องแตกต่างกันไม่เกิน 30%เมื่อได้รับข้อมูลเข้าครบทั้งสามส่วนแล้ว กลไกการอนุมาน (inference engine) จะใช้พารามิเตอร์ (P, N, Per) ช่วยในการค้นหาแพทเทิร์นหรือรูปแบบสภาพแล้งจากฐานความรู้ จากนั้นแสดงเป็นผลลัพธ์ขึ้นที่จอภาพ



รูปที่ 3 ขั้นตอนการใช้ฐานความรู้เพื่อสอบถามรูปแบบสภาพแล้งในพื้นที่ที่สนใจ

4. การพัฒนาระบบต้นแบบ

ในการพัฒนาระบบต้นแบบเพื่อวิเคราะห์และสอบถามสภาพแล้ง จะใช้โปรแกรมเชิงตรรกะ Win-Prolog และ Visirule (www.lpa.co.uk) เป็นเครื่องมือช่วยในการพัฒนาระบบ โปรแกรมต้นแบบที่พัฒนาขึ้นแสดงได้ดังรูปที่ 4ส่วนแพทเทิร์นที่เป็นรูปแบบความสัมพันธ์ของสมการถดถอย จะถูกบันทึกในลักษณะข้อความเชิงตรรกะที่ประกอบด้วยพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้

reg (Province, Month, Slope of regression, Y-intercept, Regression coefficient)

โดย regหมายถึง ความสัมพันธ์ในลักษณะสมการถดถอย

Month หมายถึง ช่วงเดือนของสมการถดถอย ประกอบด้วย 1= ม.ค.-ก.พ., 3= มี.ค.-เม.ย., 5= พ.ค.-มิ.ย., 7= ก.ค.-ส.ค., 9= ก.ย.-ต.ค., 11= พ.ย.-ธ.ค.

Slope of regression หมายถึง ความชันของสมการถดถอยเชิงเส้นตรงที่พล็อตระหว่างเวลา (แกน X) และเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่แห้งแล้ง (แกน Y)

Y-intercept หมายถึง จุดตัดของเส้นสมการถดถอยบนแกน Y

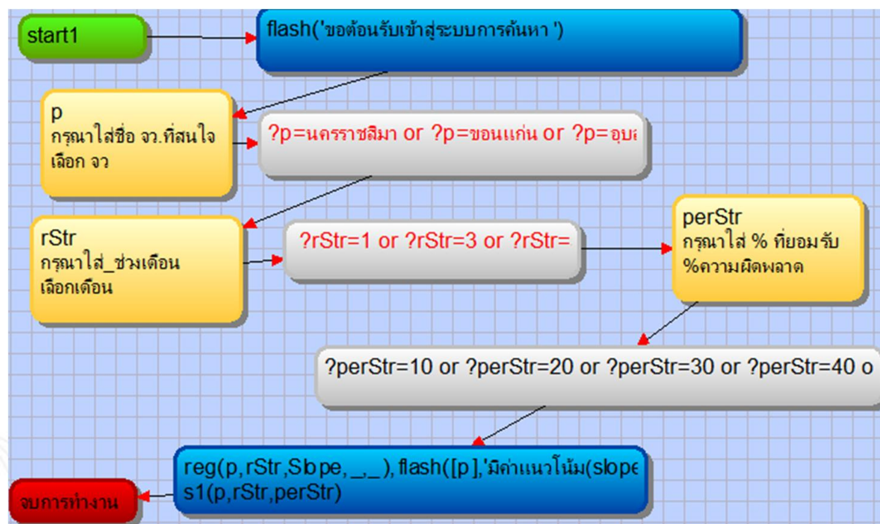
Regression coefficient หมายถึง ระดับความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาและเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่แห้งแล้ง ค่าที่เข้าใกล้ศูนย์แสดงระดับความสัมพันธ์ต่ำ ในขณะค่าที่เข้าใกล้หนึ่งแสดงระดับความสัมพันธ์สูง

จากตัวอย่างข้อความเชิงตรรกะ*reg (นครราชสีมา,1,3.163,18.16,0.964)*ในบรรทัดที่ 4 ของรูปที่ 4เป็นสมการถดถอยที่อธิบายสภาพแล้งของจังหวัดนครราชสีมาในช่วงเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ (Month1) มีรูปแบบของสมการเป็นดังนี้

ความแห้งแล้ง = 3.163*Month1 + 18.16 (R = 0.964, R^2 = 0.929)

```
1  :-ensure_loaded(system(visirule)).
2  % Part of facts regarding drought patterns
3  % =========================================
4  reg(นครราชสีมา,1,3.163,18.16,0.964).
5  reg(นครราชสีมา,3,-0.1186,43.4,0.138).
6  reg(นครราชสีมา,5,4.715,-29.93,0.943).
7  reg(นครราชสีมา,7,-8.703,298.8,0.99).
8  reg(ขอนแก่น,1,4.48,-0.6825,0.975).
9  reg(ขอนแก่น,3,0.4387,39.51,0.284).
10 reg(ขอนแก่น,5,3.116,4.663,0.948).
11 reg(ขอนแก่น,7,-9.535,318.3,0.982).
12 %                          ... and more facts ...
13 % Part of inference rules
14 % =======================
15    % search rule for the pattern with positive slope
16 s1(P,N,Per):- reg(P,N,S,_,R),
17               S>0,!,
18               reg(PP,N,SS,_,RR),not(PP=P),
19               SS>S*(1-Per/100),
20               SS<S*(1+Per/100),
21               flash([[PP],`มีค่าแนวโน้ม(slope)=`,SS ,`/ระดับความสัมพันธ์(r)=`,RR]),
22               fail .
23    % search rule for the pattern with negative slope
24 s1(P,N,Per):- reg(P,N,S,_,R),
25               S<0,!,
26               reg(PP,N,SS,_,RR),not(PP=P),
27               SS<S*(1-Per/100),
28               SS>S*(1+Per/100),
29               flash([[PP],`มีค่าแนวโน้ม(slope)=`,SS ,`/ระดับความสัมพันธ์(r)=`,RR]),
30               fail .
```

รูปที่ 4 ชุดคำสั่งของโปรแกรมแสดงส่วนแพทเทิร์นของสมการถดถอย (บรรทัดที่ 4-11) และส่วนของกฎที่ใช้ในการค้นหาแพทเทิร์นทั้งในกรณีที่แนวโน้มเป็นบวกและแนวโน้มเป็นลบ (บรรทัดที่ 16-30)



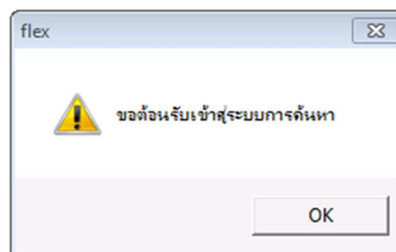
รูปที่ 5 การระบุคำสั่งใน Visiruleเพื่อใช้สร้างกล่องข้อความโต้ตอบกับผู้ใช้ในระบบต้นแบบ

ส่วนของกฎที่ใช้ในการเปรียบเทียบความคล้ายของสมการถดถอย แยกเป็น 2 กฎคือ กฎที่เปรียบเทียบในกรณีสมการถดถอยมีค่าความชันของเส้นตรงเป็นบวก (นั่นคือ เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นเช่นจากเดือน 1 ต่อเนื่องเป็นเดือน 2, 3, 4 พื้นที่แห้งแล้งมีมากขึ้น) และกฎที่เปรียบเทียบรูปแบบสมการถดถอยที่มีค่าความชันเป็นลบ (นั่นคือ เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นเช่นจากเดือน 5 ต่อเนื่องเป็นเดือน 6, 7, 8 พื้นที่แห้งแล้งมีลดลง)

ในการพัฒนาระบบจะใช้ Visiruleเป็นซอฟต์แวร์ช่วยงานเพื่อสร้างกล่องข้อความโต้ตอบกับผู้ใช้ ซอฟต์แวร์Visirule ใช้หลักการโปรแกรมเชิงภาพ (visual programming) การออกแบบโปรแกรมด้วย Visiruleแสดงรายละเอียดคำสั่งที่ใช้พัฒนาโปรแกรมในลักษณะเชิงภาพได้ดังรูปที่ 5

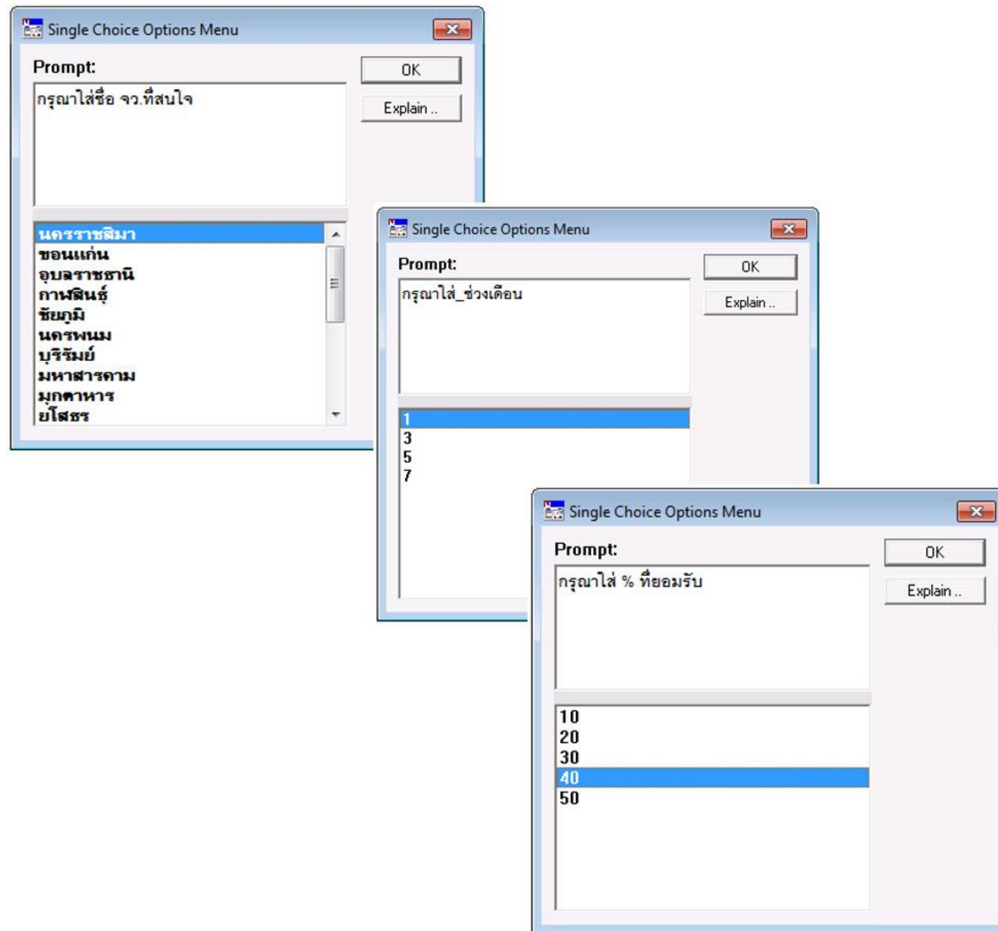
ผลลัพธ์ที่ได้จากการรัน Visirule จะเป็นโปรแกรมในรูปแบบภาษา Prolog ซึ่งเป็นโปรแกรมเชิงตรรกะ (logic programming) ข้อเด่นของโปรแกรมเชิงตรรกะคือสามารถค้นหาข้อมูลในลักษณะการให้เหตุผล (reasoning) ได้ดี เมื่อสั่งประมวลผลโปรแกรมต้นแบบที่พัฒนาขึ้น จะปรากฏจอภาพแสดงข้อความต้อนรับ (รูปที่ 6) เมื่อใช้เมาส์คลิกที่คำว่า OK โปรแกรมจะแสดงหน้าจอขนาดเล็กเป็นลำดับต่อเนื่อง 3 หน้าจอ (รูปที่ 7) เพื่อให้ผู้ใช้ระบุข้อมูลเข้า 3 รายการคือ จังหวัดที่ต้องการดูแนวโน้มสภาพแล้ง ช่วงเดือน (จอภาพในตัวอย่างแสดงช่วงเดือนให้เลือกเพียงสี่ช่วงคือ 1, 3, 5, 7 เนื่องจากข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลปีล่าสุดคือ 2015 ขณะที่ดาวน์โหลดข้อมูลจาก NOAA STAR เป็นเดือนตุลาคม จึงมีข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ผลได้เฉพาะช่วงเดือน 1-8 หรือ มกราคม-กันยายน) และเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างขั้นสูงของการเปรียบเทียบความคล้ายของแนวโน้มสภาพแล้งระหว่างจังหวัดนครราชสีมาและจังหวัดอื่นในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (นั่นคือ ความแตกต่างเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ จะต้องไม่เกินค่าที่ผู้ใช้ระบุ)

ในรูปที่ 7 แสดงการระบุเงื่อนไขในการประมวลผลโปรแกรมต้นแบบ ด้วยการเลือกจังหวัดนครราชสีมาเป็นพื้นที่เป้าหมายในการศึกษาสภาพแล้ง ในช่วงระยะเวลาเดือน 1-2 ซึ่งหมายถึงเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ ของปีปัจจุบัน และระบุเกณฑ์ในการค้นหาพื้นที่อื่นในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีรูปแบบสภาพแล้งคล้ายกัน โดยให้มีความแตกต่างของรูปแบบไม่เกิน 40%ระบบการค้นหาจะใช้ข้อมูล slope ของสมการถดถอยในช่วงเวลาดังกล่าวของจังหวัดนครราชสีมาเป็นพื้นฐานในการคำนวณช่วงความแตกต่างที่ผู้ใช้ยอมรับได้ ในช่วงเวลาดังกล่าวค่า slope คือ 3.163 ดังนั้นการค้นหาจังหวัดที่มีแพทเทิร์นความแห้งแล้งในช่วงเวลาเดียวกันที่คล้ายคลึงกัน จะต้องมีค่า slope เป็นบวก และมีค่าอยู่ระหว่าง 1.8978 ถึง 4.4282 (คำนวณได้จาก 40% ของ 3.163 = 1.2652ดังนั้นค่าที่ยอมรับได้คือ 3.163-1.2652 จนถึงค่า 3.163+1.2652) ผลลัพธ์ที่ได้คือจังหวัดอุบลราชธานีที่ช่วงเวลาเดียวกันมีค่า slope = 3.591

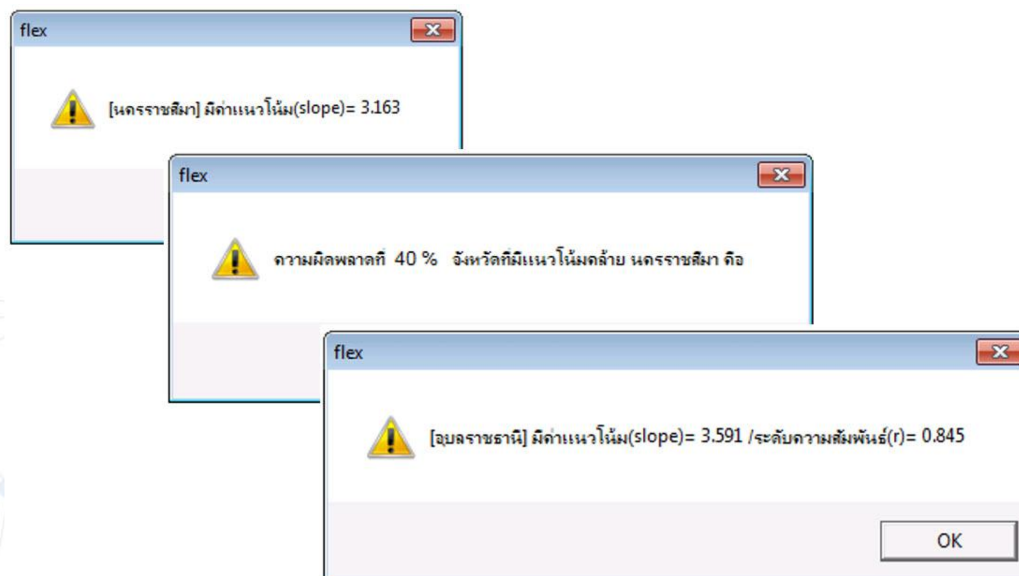


รูปที่ 6 จอภาพแรกที่ปรากฏเมื่อสั่งประมวลผลโปรแกรมต้นแบบที่พัฒนาขึ้น

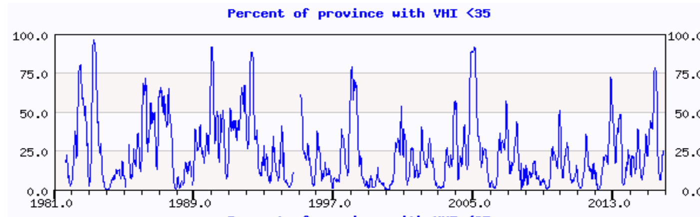
เมื่อเลือกจังหวัดนครราชสีมาเป็นพื้นที่เป้าหมายพบว่าจังหวัดอื่นในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีแนวโน้มของสภาพแล้งในช่วงเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ คล้ายคลึงกันคือจังหวัดอุบลราชธานี (รูปที่ 8) และเพื่อยืนยันความคล้ายของรูปแบบสภาพแล้ง ได้แสดงภาพกราฟเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่มีสภาพแล้งปานกลางถึงแล้งมาก (VHI < 35) ของจังหวัดนครราชสีมาเปรียบเทียบกับจังหวัดอุบลราชธานี อำนาจเจริญ และหนองคาย จากภาพเปรียบเทียบที่แสดงในรูปที่ 9 จะเห็นว่าในช่วงปี 2015 จังหวัดอุบลราชธานีมีรูปแบบสภาพแล้งคล้ายกับจังหวัดนคราชสีมามากที่สุด

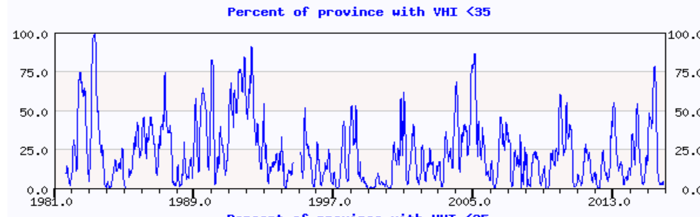


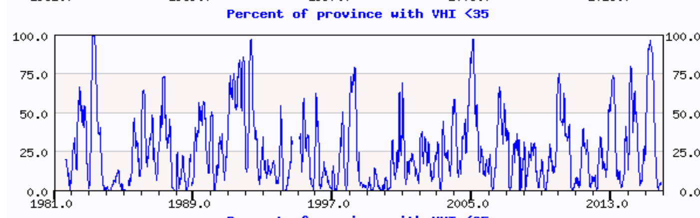
รูปที่ 7แสดงหน้าจอสำหรับระบุตัวเลือกต่าง ๆ เพื่อเป็นเงื่อนไขในการค้นหารูปแบบสภาพแล้ง

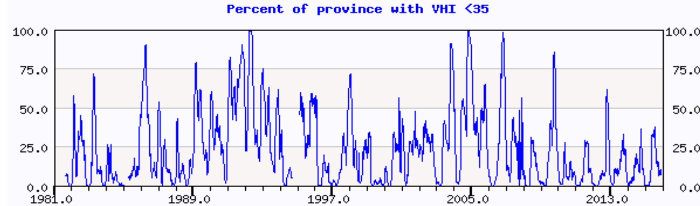


รูปที่ 8หน้าจอผลลัพธ์ที่ระบุแนวโน้มของความแห้งแล้งและผลการค้นหาจังหวัดอื่นที่มีลักษณะคล้ายกับจังหวัดที่สนใจ

นครราชสีมา


อุบลราชธานี


อำนาจเจริญ


หนองคาย


รูปที่ 9กราฟเปรียบเทียบร้อยละของพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา อุบลราชธานี อำนาจเจริญ และหนองคาย ที่มีระดับความแห้งแล้งปานกลางถึงค่อนข้างสูง
(ที่มา http://www.star.nesdis.noaa.gov/smcd/emb/vci/VH/vh_browseByCountry.php)

5. บทสรุป

การประสบกับสภาวะแล้งเป็นภัยคุกคามต่อทุกประเทศทั่วโลก การตรวจสอบล่วงหน้าถึงปรากฏการณ์ที่จะนำไปสู่สภาพเหตุการณ์ดังกล่าว จัดเป็นการเฝ้าระวังที่จะช่วยในการเตรียมการรับมือกับสภาวะแล้งที่ดีได้ประการหนึ่ง งานวิจัยนี้จึงแสนอแนวคิดของการปรับปรุงโครงสร้างฐานความรู้ในระบบผู้เชี่ยวชาญและระบบฐานความรู้ที่ใช้ในงานการรับรู้ระยะไกล ที่นอกจากจะบันทึกข้อมูลพื้นฐานต่าง ๆ และกฎการตัดสินใจแล้ว ให้สามารถเพิ่มการบันทึกรูปแบบแนวโน้มต่าง ๆ ที่มีประโยชน์ในการวิเคราะห์และค้นหารูปแบบที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาและเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมโลก

ในงานวิจัยนี้ใช้การศึกษาสภาพแล้งในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยเป็นกรณีศึกษา การออกแบบระบบใช้โครงสร้างสถาปัตยกรรมระบบผู้เชี่ยวชาญแบบกฎ (rule-based expert system) เป็นพื้นฐานในการออกแบบโดยเพิ่มฟังก์ชันในการบันทึกรูปแบบหรือแพทเทิร์น และเพิ่มกฎที่ช่วยในการค้นหารูปแบบ การวิเคราะห์สภาพแล้งใช้ข้อมูล Vegetation Health Index (VHI) จากดาวเทียม NOAA โดยคัดเลือกข้อมูลเฉพาะคอลัมน์ Percentage_of_area_VHI_less_than_35 เป็นเป้าหมายในการวิเคราะห์ คอลัมน์ดังกล่าวของข้อมูลแต่ละจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือแปลความได้เป็นสภาพความแห้งแล้งของจังหวัดในแต่ละช่วงเวลาของปี ค่า VHI ที่ต่ำกว่า 35 เป็นดัชนีบ่งบอกว่าพื้นที่นั้นแห้งแล้งปานกลางถึงค่อนข้างมาก ทั้งนี้ในแต่ละจังหวัดมีปริมาณฝน พื้นที่ป่า และความชุ่มชื้นที่แตกต่างกัน ทำให้ค่าความสมบูรณ์ของพืชพรรณ (VHI) ที่คำนวณได้แตกต่างกัน การเปรียบเทียบและค้นหาลักษณะความแห้งแล้งของจังหวัดต่าง ๆ ในระบบที่พัฒนาขึ้นนี้จึงใช้ค่า Percentage_of_area_VHI_less_than_35 ที่แปรผันตามช่วงเวลา เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ

การพัฒนาระบบต้นแบบใช้ซอฟต์แวร์ Win-Prolog และ Visiruleเป็นเครื่องมือช่วยเพื่อให้สร้างโปรแกรมได้รวดเร็วและโปรแกรมมีขนาดเล็ก การทดลองใช้ระบบต้นแบบพบว่าสามารถให้ผลการค้นหารูปแบบแนวโน้มของสภาพแล้งได้ถูกต้อง

แนวทางการจัดเก็บและค้นหารูปแบบที่ใช้ในงานวิจัยนี้คาดว่าจะสามารถประยุกต์ใช้กับรูปแบบที่ซับซ้อนมากขึ้นเช่นรูปแบบการจำแนกจากโครงข่ายประสาทเทียม รูปแบบความสัมพันธ์ในโครงสร้างต้นไม้ตัดสินใจ และรูปแบบประเภทอื่น ๆ ได้ในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

Cohen, Y.,Shoshany, M. (2002). A national knowledge-based crop recognition in Mediterranean environment. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, **4**, 75-87.

Goyal, R., Jayasudha, T., Pandey, P., Devi, D.R., Rebecca, A., Sarma, M.M., Lakshmi, B. (2014). Knowledge based system for satellite data. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, **XL-8**, 1233-1236.

Kahya, O., Bayram, B., Reis, S. (2010). Land cover classification with an expert system approach using Landsat ETM imagery: a case study of Trabzon. **Environmental Monitoring and Assessment**, **160**(1), 431-438.

Kartikeyan, B., Majumder, K.L., Dasgupta, A.R. (1995). An expert system for land cover classification. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, **33**(1), 58-66.

Krapivin, V.F., Phillips, G.W. (2001). A remote sensing-based expert system to study the Aral-Caspian aquageosystem water regime. **Remote Sensing of Environment**, **75**, 201-215.

Lucas R., Rowlands, A., Brown, A., Keyworth, S., Bunting, P. (2007). Rule-based classification of multi-temporal satellite imagery for habitat and agricultural land cover mapping. **ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, **62**, 165-185.

McKeown, D.M. (1986). The role of artificial intelligence in the integration of remotely sensed data with geographic information systems. **Technical Report CMU-CS-86-174**, Computer Science Department, Carnegie Mellon University, U.S.A.

Shesham, S. (2012). Integrating expert system and geographic information system for spatial decision making. **Master Theses & Specialist Projects**, **Paper 1216**, Western Kentucky University, U.S.A.

Shoshany, M. (2008). Knowledge based expert systems in remote sensing tasks: quantifying gain from intelligent inference. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, **XXXVII**, Part B7, 1085-1088.

Stefanov, W.L., Ramsey, M.S., Christensen, P.R. (2001). Monitoring urban land cover change: an expert system approach to land cover classification of semiarid to arid urban centers. **Remote Sensing of Environment**, **77**, 173-185.

Thorat, S.S., Rajendra, Y.D., Kale, K.V., Mehrotra, S.C. (2015). Estimation of crop and forest areas using expert system based knowledge classifier approach for Aurangabad district. **International Journal of Computer Applications**, **121**, 43-46.

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกหอพัก

A Decision Support System for Selection Dormitory

ณานันท์ชนม์ คำใบ ปริยานุช โสภา วัชระ หล้าตุ้ย และสถาพร ไพบูลย์ศักดิ์
Nananchon Khambai Priyanuch Sopha Wachara Latui and Sathaporn Paiboonsak
สาขาภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
โทรศัพท์ 098 – 1016865 e-mail : Nananchon1993@gmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันหอพักในสถานศึกษาหรือมหาวิทยาลัยมีอยู่จำนวนจำกัด จึงทำให้นักศึกษาส่วนใหญ่ต้องหาหอพักเอกชนอยู่อาศัยระหว่างการศึกษา นอกจากนี้ยังอาจมีสาเหตุอื่น เช่น ต้องการหอพักเอกชนที่มีสิ่งอำนวยความสะดวกและทันสมัย ต้องการความอิสระในการพักอาศัย แต่เมื่อเลือกหอพักแล้วกลับพบว่าไม่ได้ตอบสนองตามความต้องการ เนื่องจากขาดข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจ เช่น ขาดข้อมูลเรื่องความปลอดภัย สิ่งอำนวยความสะดวกภายในและภายนอกหอพัก รวมทั้งสภาพแวดล้อมภายในและรอบข้างของหอพัก ดังนั้นในการศึกษานี้ จึงได้พัฒนาระบบสนับสนุนการเลือกหอพัก ด้วยการบูรณาการข้อมูลต่างๆ ที่ใช้ในการเลือกหอพัก และนำมาวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น ภายใต้ระบบภูมิสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษา ได้เผยแพร่ผ่านทางเว็บไซต์ เพื่อที่ให้ผู้ใช้สามารถเรียกใช้งานผ่านทางเว็บไซต์ได้โดยตรง ผลการศึกษาคาดว่าจะให้ข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจกับผู้ที่ต้องการเลือกหาหอพักได้เป็นอย่างดี และช่วยให้มีความปลอดภัยในการพักอาศัย

คำสำคัญ: หอพัก ที่อยู่อาศัย การวิเคราะห์ลำดับขั้น AHP

ABSTRACT

Nowadays, the numbers of dormitories in school or universities are limited, so that most students have to find other private dormitories outside the university. Besides that, there are also other common reasons such as students prefer private dormitories which provide more facilities and look modern, or some students value their independency. However, these factors of decision making of selecting the dormitory are not enough. There are even more factors to help students in decision makings like safety and security, facilities provided both in and around dormitories, as well as environments in and around the places. This study aims to develop a system to support students in decision makings by Analytic Hierarchy Process (AHP) using a Geographic Information System and to publish the results on a website in order for users to use and easy to access. The results are expected to help and support users to live securely in dormitories.

KEY WORDS: Dormitory, Hostage, Analytic Hierarchy Process, AHP

1. บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันหอพักในมหาวิทยาลัยขอนแก่นมีจำนวนจำกัด แต่จำนวนนักศึกษามีมากขึ้นทุกปี กอปรกับหอพักในมหาวิทยาลัยมีการก่อสร้างและมีอายุการใช้งานมายาวนาน การปรับปรุงซ่อมแซมให้กลับมามีสภาพใหม่และสะอาดยังไม่ทั่วถึง ทำให้หอพักเสื่อมโทรมไม่น่าพักอาศัยจึงเป็นเหตุให้นักศึกษาหันมาเลือกหอพักเอกชนที่อยู่รอบนอกมหาวิทยาลัยมากขึ้น ด้วยเหตุจูงใจ ก็คือเป็นหอพักที่ใหม่กว่ามีสิ่งอำนวยความสะดวก และการให้บริการส่วนที่เป็นสาธารณะดีกว่า เช่นการทำความสะอาดพื้นที่ส่วนร่วม และการจัดกาขยะมูลฝอย เป็นต้น ทำให้หอพักเอกชนเป็นที่ดึงดูดมากกว่าหอพักของมหาวิทยาลัย ฉะนั้นการเลือกหอพักเอกชน ก็เป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับนักศึกษา การได้พักอาศัยหอพักที่ดี สภาพแวดล้อมดีและปลอดภัย ก็เป็นสิ่งที่ปรารถนา นอกจากนี้หอพัก ก็เปรียบเสมือนกับบ้านหลังที่สองของนักศึกษา และหอพักที่ดียังช่วยให้ผู้ปกครองคลายความห่วงและความกังวลในตัวของนักศึกษาด้วย

การเลือกหอพักให้ได้ตามความต้องการ จำเป็นต้องมีข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจ เช่น ราคาสมเหตุสมผล มีสิ่งอำนวยความสะดวกขั้นพื้นฐานหรือไม่ สภาพแวดล้อมรอบข้างเป็นแบบไหน เช่นมีร้านเหล้า หรือแหล่งที่ก่อให้เกิดมลพิษทั้งกลิ่นและเสียงหรือไม่ ฯลฯ แต่ในสภาพความเป็นจริงแล้ว นักศึกษาส่วนใหญ่ ได้เดินทางมาสอบถามหอพักโดยตรง ถึงแม้ว่าจะได้เห็นสภาพจริงของหอพักก็ตาม แต่นักศึกษาก็จะต้องเสียค่าใช้จ่ายมากขึ้นและเสียเวลาด้วยเช่นกัน มีหลายหอพักได้จัดทำเว็บไซต์แนะนำหอพักไว้ แต่การให้ข้อมูลยังคงเป็นในทางบวก ด้วยเหตุการณ์แข่งขันทางการค้าหรือทางธุรกิจ เช่น มีร้านเหล้า หรือเคยเกิดอาชญากรรมในพื้นที่หรือใกล้กับหอพัก แต่เจ้าของหอพักก็ไม่ได้ให้ข้อมูลนี้แก่คนที่จะเข้าพักอาศัย เป็นต้น

การสร้างข้อสนเทศเกี่ยวกับการจัดระดับความเหมาะสมของหอพัก ก็มีงานวิจัยหลายท่าน เช่น รพิกร และคณะ (2557) ได้ใช้การวิเคราะห์ลำดับขั้น (Analysis Hierarchy Process หรือ AHP) Batsche et al., (2011) ได้ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System หรือ GIS) เพื่อวิเคราะห์หาบริเวณที่อยู่อาศัยที่มีราคาไม่แพง ปลอดภัย และมีประสิทธิภาพ จิราพร (2551) ได้ศึกษาวิธีการจัดการข้อมูลหอพักและพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุและอาชญากรรม แต่งานวิจัยเหล่านี้ ได้เน้นเฉพาะตัวที่พักหรือหอพักเป็นหลัก ยังไม่ได้เน้นถึงการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมร่วมด้วย

การวิเคราะห์ลำดับขั้น เป็นวิธีการที่ใช้กันแพร่หลาย เนื่องจากวิธีการนี้ ได้นำปัจจัยหรือเกณฑ์หลักๆ มาเปรียบเทียบที่ละคู่ จนสุดท้ายก็จะได้ค่าน้ำหนักว่าปัจจัยไหนมีความสำคัญมากสุดในการเลือกหอพัก ส่วนการใช้เครื่องมือ GIS ก็เป็นที่ประจักษ์ว่า เป็นเครื่องมือที่ใช้จัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ที่มีความซับซ้อนได้ดีและมีประสิทธิภาพมาก มีฟังก์ชันสนับสนุนการวิเคราะห์มากมาย รวมทั้งวิเคราะห์หาเส้นทางระหว่างจุดต่างๆ ได้ง่ายและรวดเร็ว โดยสามารถแสดงค่าออกมาในรูปแบบระยะทางหรือเวลาได้ด้วย ปัจจุบันการแสดงข้อสนเทศผ่านเว็บไซต์ถือได้ว่าเป็นช่องทางให้ผู้สนใจเข้ามาหาหรือศึกษาข้อมูลได้สะดวก เข้าถึงได้ง่าย การจัดทำเว็บไซต์ไม่ได้ยุ่งยากมากนัก

ฉะนั้นในการศึกษาครั้งนี้ จึงได้มีแนวคิดที่จะจัดทำข้อสนเทศเชิงพื้นที่ เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนการเลือกหอพักของนักศึกษาและผู้คนที่สนใจ ด้วยเหตุที่เงื่อนไขหรือเกณฑ์การเลือกหอพักของนักศึกษา ก็มีเกณฑ์ส่วนตัว ที่อาจคล้ายกันหรือแตกต่างกัน ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้ใช้การวิเคราะห์ลำดับขั้นมาจัดลำดับความเหมาะสมของแต่ละหอพัก ส่วนการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่ ได้ใช้ GIS เป็นเครื่องมือเพื่อสร้างข้อสนเทศเชิงพื้น และได้นำเสนอข้อสนเทศนี้เผยแพร่ผ่านทางเว็บไซต์ ซึ่งหวังว่าข้อสนเทศนี้จะช่วยในการเลือกหอพักได้ดีและมีประสิทธิภาพ

2. วัตถุประสงค์

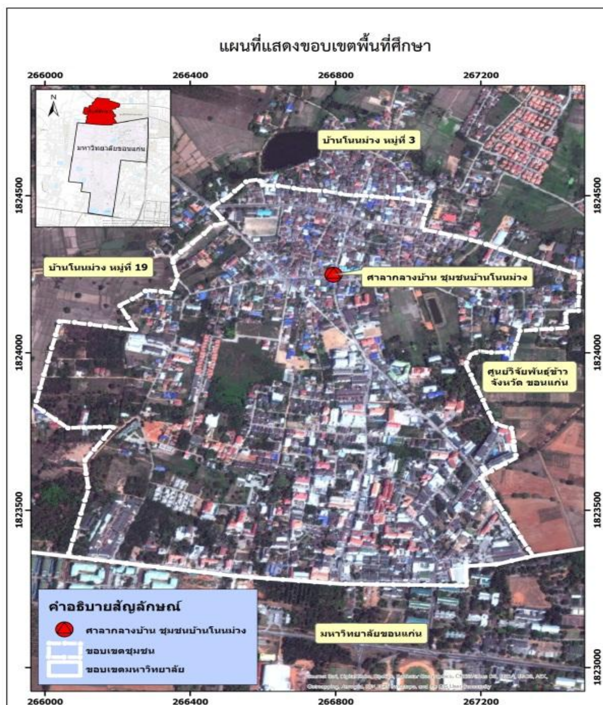
เพื่อพัฒนาเว็บไซต์ระบบสนับสนุนเชิงพื้นที่สำหรับการตัดสินใจเลือกหอพักเอกชนที่อยู่รอบมหาวิทยาลัยขอนแก่น

3. วิธีการศึกษา

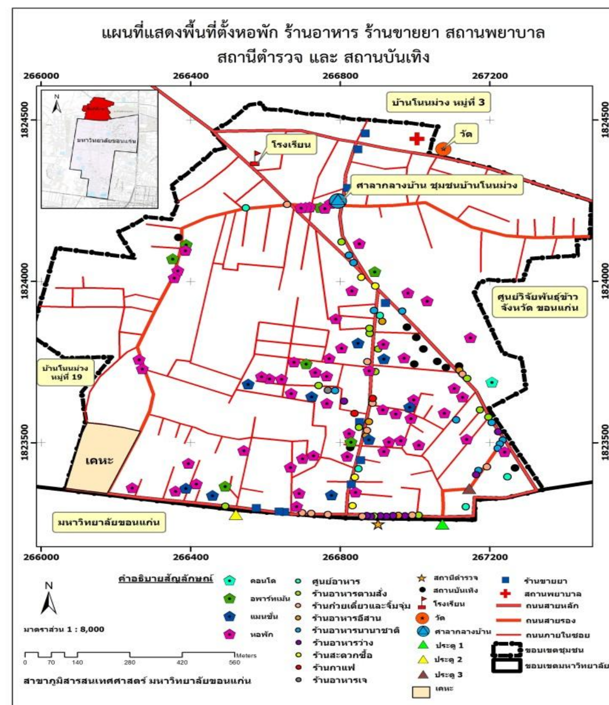
3.1 พื้นที่ศึกษา ได้เลือกพื้นที่บางส่วนของชุมชนบ้านโนนม่วง ซึ่งตั้งอยู่ทางทิศเหนือของมหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยยึดแนวถนนของหมู่บ้านเป็นหลัก ดังภาพที่ 1

ถนนในพื้นที่ศึกษา แบ่งเป็น 3 ประเภท (ดังภาพที่ 2) โดยใช้ความกว้างเป็นตัวแบ่งประเภท ได้แก่ 1)ถนนที่มีความกว้าง 6 เมตร ซึ่งเป็นถนนสายหลัก 2)ถนนที่มีความกว้าง 4 เมตร ซึ่งเป็นถนนสายรองและ 3)ถนนที่มีความกว้าง 2 เมตร เป็นถนนซอย ที่พักให้บริการอาศัย มีจำนวนทั้งหมด 73 แห่ง (ดังภาพที่ 2) โดยแบ่งเป็นหอพัก 1)ประเภทคอนโด (Condominium) มี 1 แห่ง 2)ประเภทอพาร์ทเม้นท์ (Apartment) หรือ แฟลต (Flat) มี 6 แห่ง 3)ประเภทแมนชั่น (Mansion) มี 12 แห่งและ 4)ประเภทหอพัก มี 54 แห่ง

ร้านอาหารและร้านสะดวกซื้อในพื้นที่ศึกษาจำแนกออกเป็น 9 ประเภท (ดังภาพที่ 2) ได้แก่ 1)ศูนย์อาหารและตลาด มีทั้งหมด 5 แห่ง 2)ร้านอาหารตามสั่ง มีทั้งหมด 13 แห่ง 3)ร้านก๋วยเตี๋ยวและจิ้มจุ่ม มีทั้งหมด 11 แห่ง 4)ร้านอาหารอีสาน มีทั้งหมด 5 แห่ง 5)ร้านอาหารว่าง มีทั้งหมด 8 แห่ง 6)ร้านสะดวกซื้อ มีทั้งหมด 2 แห่ง 7)ร้านกาแฟมีทั้งหมด 2 แห่ง 8) ร้านอาหารเจ มีทั้งหมด 2 แห่ง 9)ร้านอาหารนานาชาติ 10 แห่ง สำหรับร้านขายยา มีทั้งหมด 10 แห่ง สถานพยาบาล และสถานีตำรวจ มีอย่างละ 1 แห่ง ส่วนสถานบันเทิงมีทั้งหมด 10 แห่ง (ดังภาพที่ 2)



ภาพที่ 1 แผนที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งพื้นที่ศึกษา

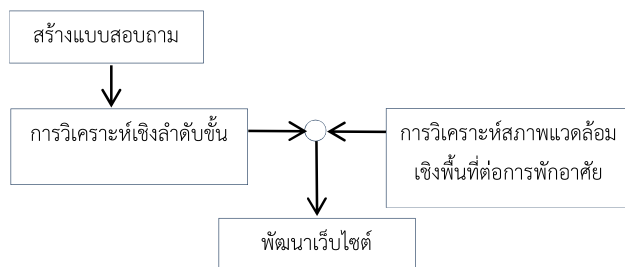


ภาพที่ 2 แผนที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งหอพัก ร้านอาหาร ร้าน ขายยา สถานพยาบาล สถานีตำรวจ และ สถานบันเทิง

3.2 แนวคิดหลักของการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ มีแนวคิดหรือหลักการ ก็คือแบ่งการศึกษาออกเป็นส่วนๆ ได้แก่ 1)สร้างแบบสอบถามถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลในการเลือกหอพัก เพื่อให้ได้เหตุผลหลักที่นักศึกษาเลือกที่พัก และนำผลที่ได้จากแบบสอบถามนี้ มาวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น 2)เพื่อให้ได้ค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยหลักเพื่อใช้เป็นค่าตัวแทนของนักศึกษาทั้งหมด 3)การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่ต่อการพักอาศัย เพื่อวิเคราะห์หาบริเวณและจัดระดับความเหมาะสมหรือความสะดวกต่อการเข้าพัก

4)พัฒนาเว็บไซต์เพื่อให้บริการข้อมูลและข้อสนเทศเพื่อสนับสนุนการเลือกที่พักต่อสาธารณะ (ดังภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ภาพแสดงแนวคิดในการศึกษา

รายละเอียดในการศึกษาได้แบ่งเป็นขั้นตอนย่อยๆ (ดังภาพที่ 3) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.3 กำหนดปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกที่พัก

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาจากงานวิจัยของหลายๆ เรื่องที่เกี่ยวข้อง โดยเน้นปัจจัยหลักๆ อยู่ 2 ปัจจัย ได้แก่ 1)ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกหอพัก และ 2)ปัจจัยสภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่ต่อการพักอาศัย มีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกหอพัก

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกหอพัก หมายถึง คนที่ต้องการเลือกที่พักจะต้องพิจารณาเป็นอันดับแรก เพื่อใช้ในการตัดสินใจ ในการศึกษาครั้งนี้ได้ ศึกษาจากงานวิจัยของ รพิกร ฉลองสัพพัญญู และ จันทร์จิรา พยัคฆ์เพศ (2553) และปิติ โชติสุกานต์ (2555) จึงได้สรุปปัจจัยที่ใช้เลือกหอพักหลักๆ มีอยู่ 4 ปัจจัยดังนี้ คือ 1)ราคา 2)สิ่งอำนวยความสะดวก 3)สถานที่และสิ่งแวดล้อม 4)บุคคลากรและการให้บริการ นอกจากนี้ ก็ได้กำหนดปัจจัยรองของแต่ละปัจจัยหลักเอาไว้ด้วย ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงปัจจัยหลักและรองสำหรับเกณฑ์การเลือกที่พัก (หอพัก)

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง
1. ราคา	1.1) 2500 - 3000 1.2) 3000 – 3500 1.3) 3500 – 4000 1.4) > 4000
2. สิ่งอำนวยความสะดวก	2.1) ทีวี 2.2) ตู้เย็น 2.3) พัดลม 2.4) เครื่องปรับอากาศ 2.5) ลิฟต์ 2.6) อ่างล้างจาน
3. สถานที่และสิ่งแวดล้อม	3.1) ร้านขายยา 3.2) ร้านอาหาร 3.3) สถานบันเทิง 3.4) สถานีอนามัย 3.5) สถานีตำรวจ 3.6) เวลาในการเดินทาง
4. บุคคลากรและการให้บริการ	4.1) ความรวดเร็วในการบริการ 4.2) ความเอาใจใส่ของพนักงาน 4.3) จำนวนพนักงานที่ให้บริการ 4.4) การอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้

1) **การสร้างแบบสอบถาม**

ในขั้นตอนนี้ เมื่อได้กำหนดปัจจัยหลักและรองที่มีอิทธิพลต่อการเลือกหอพักได้แล้ว (จากหัวข้อที่ 3.3.1)ก็นำมาสร้างแบบถาม ตามหลักการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น โดยให้ผู้ตอบแบบสอบถามกรอกเป็นค่าคะแนนในเชิงเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ ของปัจจัยหลัก ค่าคะนนนี้ได้กำหนดค่าไว้ในช่วง 1 ถึง 9 ส่วนปัจจัยรองก็เช่นเดียวกัน

2) **วิธีการสุ่มแบบสอบถาม**

ในขั้นตอนนี้ ได้นำแบบสอบถามมาทำการสุ่มถามกับนักศึกษาทั้งที่มีที่พักอาศัยแล้ว และที่ต้องการหาที่พักอาศัยใหม่ โดยเน้นนักศึกษาของมหาวิทยาลัยขอนแก่นเป็นหลัก

3.3.2 ปัจจัยสภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่ต่อการพักอาศัย

ปัจจัยสภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่ต่อการพักอาศัย หมายถึง สภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่ รอบๆ ที่พักอาศัย เช่น การมีร้านอาหารที่อยู่ใกล้ ร้านขายยา ร้านสะดวกซื้อ ฯลฯ รวมทั้งความปลอดภัยทั้งทรัพย์สินและชีวิต ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ ได้กำหนดปัจจัยสภาพแวดล้อมทั้งหมด 6 ปัจจัย ได้แก่ 1)ร้านขายยา 2)สถานปันเทิง 3)ร้านอาหาร 4)สถานีอนามัย 5)สถานีตำรวจ และ 6)เวลาใช้ในการเดินทางไปถึงประตูรั้วมหาวิทยาลัย (Batsche et al., 2011) โดยแต่ละปัจจัย ได้กำหนดค่าระดับความเหมาะสมเอาไว้ ดังตารางที่2

ตารางที่ 2 แสดงค่าปัจจัยเชิงพื้นที่ที่มีผลต่อการเลือกที่อยู่อาศัย

ปัจจัย	เกณฑ์การให้ค่าคะแนน	ค่าคะแนน*	แหล่งที่มา
ร้านขายยา (Rx)	0 – 50 เมตร	4	ดัดแปลงบางส่วนจาก Batsche et al.,(2011)
	50 – 100เมตร	3	
	100 – 300 เมตร	2	
	> 500 เมตร	1	
สถานบันเทิง (NC)	0 – 100 เมตร	1	ตามกฎหมายกำหนด (2535)
	100 – 200 เมตร	2	
	200 – 300 เมตร	3	
	> 300 เมตร	4	
ร้านอาหาร (RR)	0 – 50 เมตร	4	ดัดแปลงบางส่วนจาก Batsche et al.,(2011)
	50 – 100 เมตร	3	
	100 – 200 เมตร	2	
	> 500	1	
สถานีอนามัย (HS)	0 – 500 เมตร	4	
	500 – 1000 เมตร	3	
	1000 – 1500 เมตร	2	
	> 1500 เมตร	1	
สถานีตำรวจ (PS)	0 – 500 เมตร	4	
	500 – 1000 เมตร	3	
	1000 – 1500 เมตร	2	
	> 1500 เมตร	1	
เวลาในการเดินทาง (TIME)	0 – 1 นาที	4	
	1 – 2 นาที	3	
	2 – 3 นาที	2	
	3 – 4 นาที	1	

หมายเหตุ * ค่าคะแนน1= เหมาะสมน้อย, 2=เหมาะสมปานกลาง, 3=เหมาะสมมาก, 4=เหมาะสมมากที่สุด

3.3 การรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ต้องรวบรวม เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยหลักที่ได้กำหนดไว้ในหัวข้อ 3.3.2 รวมทั้งที่ตั้งของหอพัก โดยเน้นเฉพาะข้อมูลในพื้นที่ศึกษา รายละเอียดข้อมูลแต่ละประเภท ได้สรุปไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รายละเอียดข้อมูลเชิงพื้นที่และที่มาของข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้ง	ข้อมูลคุณลักษณะ	มาตราส่วน	แหล่งที่มา
1) ที่พัก/หอพัก	- ราคา - ชื่อสถานที่ - ประเภท - สิ่งอำนวยความสะดวก	1:10000	ข้อมูลภาคสนาม/ภาพถ่ายดาวเทียม
2) ถนน	- ความกว้างถนน		
3) ร้านอาหาร	- เวลาเปิด –ปิด - ชื่อสถานที่ - ประเภท		
4) สถานบันเทิง	- เวลาเปิด – ปิด - ชื่อสถานที่		
5) ร้านขายยา	- เวลาเปิด – ปิด - ชื่อสถานที่		
6) สถานีตำรวจ	- ชื่อสถานที่		
7) สถานีอนามัย	- ชื่อสถานที่		

3.4 การสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่

ข้อมูลที่ได้รวบรวมมาทั้งหมด (ตามหัวข้อ 3.3) เป็นข้อมูลทางภูมิศาสตร์หรือข้อมูลเชิงพื้นที่ ในขั้นตอนนี้ ได้จัดเก็บข้อมูลไว้ในรูปแบบดิจิตอลหรือ GIS data ที่พร้อมใช้งานหรือวิเคราะห์ โดยได้จัดเก็บไว้ในรูปแบบไฟล์ Geodatabase และได้กำหนดระบบพิกัดอ้างอิงเป็น UTM Zone 48 ในระบบ WGS 1984 เก็บข้อมูลแต่ละประเภทแยกจากกัน นอกจากนี้ได้กำหนดขนาดเซลล์เป็น 5x5 เมตร ในกรณีที่แปลงข้อมูลเป็นแรสเตอร์ (Raster Data)

3.5 การสร้างชุดข้อมูลโครงข่าย (Network Dataset)

ข้อมูลถนนที่ได้รวบรวมในรูปแบบ GIS data นี้ ได้นำมาใส่ค่าความเร็วให้กับถนนแต่ละเส้น โดยพิจารณาจากความกว้างของถนน ความเร็วที่ใช้ในการพิจารณา เป็นความเร็วของการเดินทางด้วยรถจักรยายนต์ ตามเกณฑ์ของอัตราความเร็วของยานพาหนะตามพระราชบัญญัติทางหลวง พ.ศ.2535 ซึ่งได้สรุปไว้ในตารางที่ 4 ดังนี้

ตารางที่ 4 แสดงค่าความเร็วในการเดินทางของถนน

ความกว้างถนน	ความเร็ว (กิโลเมตร/ชั่วโมง)
8 เมตร	60
6 เมตร	40
4 เมตร	20

การใส่ค่าความเร็ว จะต้องแปลงหน่วยความเร็วจากกิโลเมตร/ชั่วโมง เป็น เมตร/นาที หลักจากที่ได้ใส่ค่าความเร็วเสร็จแล้ว ก็นำมาสร้างเป็นชุดข้อมูลโครงข่าย โดยใช้โปรแกรมเสริม Network Analyst ในโปรแกรมหลัก ArcGIS

3.6 การประมวลผลหาค่าน้ำหนักปัจจัยหลักและรองด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น (AHP)

ขั้นตอนนี้ ได้นำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามมาวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น ซึ่งมีลำดับขั้นตอนดังนี้ 1)หาค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ตอบแบบสอบถามของแต่ละปัจจัย 2)สร้างตารางเปรียบเทียบคู่ปัจจัย หรือที่เรียกว่า Pair-wise Comparison Matrix 3)วิเคราะห์หาค่า Eigen Vector หรือค่าน้ำหนักของปัจจัย 4)หาค่าความสอดคล้อง (Consistency Ratio; CR) ถ้าค่า CR ได้ผลลัพธ์น้อยกว่า 0.1 ก็สามารถนำค่า Eigen Vector ไปเป็นค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัย แต่ถ้าค่า CR มากกว่า 0.1 ก็จะต้องทำการรวบรวมข้อมูลแบบสอบถามใหม่

ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น ก็คือได้ค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยหลักและรอง และนำค่าน้ำหนักเฉพาะ 3 ปัจจัยหลักเท่านั้น (ด้านราคา สิ่งอำนวยความสะดวก และด้านบุคลากรและการให้บริการ) ยกเว้นปัจจัยด้านสถานที่และสิ่งแวดล้อม ปัจจัยนี้ได้แยกวิเคราะห์ต่างหาก ในหัวข้อการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่ต่อการพักอาศัย ค่าน้ำหนักทั้ง 3 ปัจจัยได้นำมาประมวลแบลบผลรวม เขียนแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{(1)} \qquad \mathrm{DI} = \sum_{i=1,j=1}^{n} \mathrm{Wi\ aj}$$

โดย Wi คือค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยหลัก ลำดับที่ i

aj คือ ค่าน้ำหนักของปัจจัยรอง ลำดับที่ j

i, j คือ ลำดับที่ 1, 2, 3, … n

DI คือ ดัชนีที่พัก (Dormitory Index)

ต่อจากนี้ ได้นำ ค่า “ดัชนีที่พัก” มาจัดระดับความเหมาะสมให้ใหม่ โดยกำหนดเกณฑ์จากสูตรสมการดังนี้ X = (Max-Min) / Class โดยที่ Max คือค่ามากสุด และ Min คือค่าน้อยสุด ส่วน Class หมายถึงจำนวนชั้นระดับที่ต้องการแบ่ง (4 ระดับ) และ X ก็คือค่าส่วนต่าง (Interval) ฉะนั้นเกณฑ์ของแต่ละชั้น ได้สรุปไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงค่าจัดระดับความเหมาะสมของที่พัก

ช่วงค่า	ระดับความเหมาะสม
Min – (Min + X)	1
(Min + X) – (Min + 2X)	2
(Min+2X) – (Min + 3X)	3
(Min + 3X) + (Min + 4X)	4

3.7 การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่ต่อการพักอาศัย

ในขั้นตอนนี้ เป็นการแยกศึกษาของปัจจัยด้านสถานที่และสิ่งแวดล้อม ที่เป็น 1 ใน 4 ของปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการเลือกที่พัก ด้วยเหตุที่แยกปัจจัยเนื่องจาก ปัจจัยด้านสถานที่และสิ่งแวดล้อม เป็นปัจจัยเชิงพื้นที่ ส่วน 3 ปัจจัยหลักที่เหลือ เป็นปัจจัยเฉพาะของตัวที่พัก

การวิเคราะห์ปัจจัยด้านสถานที่และสิ่งแวดล้อม หรือสภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่ต่อการพักอาศัย ได้ใช้ปัจจัยหลัก 6 ปัจจัย ได้แก่ 1)ร้านขายยา 2)สถานบันเทิง 3)ร้านอาหาร 4)สถานีอนามัย 5)สถานีตำรวจ และ 6)เวลาใช้ในการเดินทางไปถึงประตูรั้วมหาวิทยาลัย มาวิเคราะห์รวมกัน แต่ก่อนการวิเคราะห์ได้ทำการให้ค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัย

สำหรับปัจจัยระยะทางของร้านขายยา ร้านอาหาร สถานีอนามัย สถานีตำรวจ และเวลาในการเดินทาง ได้วิเคราะห์จากชุดข้อมูลโครงข่ายหรือพิจารณาการเดินทางบนถนนเป็นหลัก แต่สำหรับระยะห่างจากแหล่งสถาบันเทิง ได้ใช้การสร้างแนวกันชน เนื่องจากแหล่กำเนิดเสียงสามารถเดินทางได้ทุกทิศทาง ทุกปัจจัยได้ให้ค่าคะแนน ตามตารางที่ 2

ทุกปัจจัยที่ได้ให้ค่าคะแนนเสร็จแล้ว ถูกแปลงข้อมูลมาเป็นโครงสร้างแรสเตอร์ ต่อจากนั้นก็นำมาวิเคราะห์แบบ Weighted Sum ซึ่งก็จะได้ผลลัพธ์ 1 ชั้นข้อมูล ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการ ได้ดังนี้

(2)..................LSI = W2 (Rx + NC + RR + HS + PS + TIME)

โดย Rx แทนชั้นข้อมูลร้านขายยา NC แทนชั้นข้อมูลสถานบันเทิง RR แทนชั้นข้อมูลร้านอาหาร HS แทนชั้นข้อมูลสถานีอนามัย PS แทนชั้นข้อมูลสถานีตำรวจ TIME แทนชั้นข้อมูลเวลาในการเดินทาง LSI แทนชั้นข้อมูลสภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่ที่เหมาะสม (Location Suitability Index)

ต่อจากนั้น ก็นำชั้นข้อมูล LSI มาจัดระดับความเหมาะสมให้ใหม่ตามเกณฑ์ ในตารางที่ 5

3.8 การประมวลผลที่พักกับสภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่ต่อการพักอาศัย

ในชั้นตอนนี้ ได้ทำผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น มาวิเคราะห์กับชั้นข้อมูล LSI โดยการนำมาซ้อนทับแบบ Weighted Sum ก็จะได้ผลลัพธ์มา 1 ชั้นข้อมูล หรือเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

(3)..................DSI= DI + LSI

โดย DI แทนชั้นข้อมูลดัชนีที่พัก(Dormitory Index) และ LSI แทนชั้นข้อมูลสภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่ที่เหมาะสม (Location Suitability Index) ส่วน DSI แทนชั้นข้อมูลดัชนีหอพักที่เหมาะสม (Dormitory Suitability Index)

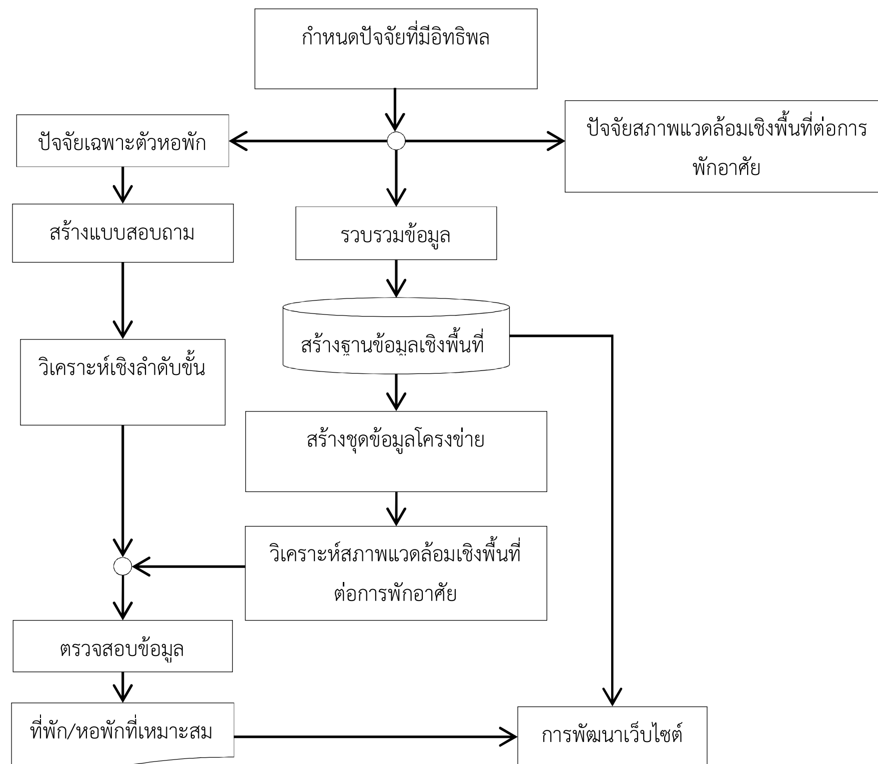
ชั้นข้อมูลผลลัพธ์ (DSI) นี้ได้นำมาจัดระดับความเหมาะสมให้ใหม่ ตามตารางที่ 5

3.9 การตรวจสอบข้อมูล

การตรวจสอบข้อมูลโดยเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์และข้อมูลภาคสนาม ถ้าผลการตรวจสอบไม่สอดคล้อง ก็ต้องทำการปรับปรุงเงื่อนไขใหม่ และทำการวิเคราะห์ใหม่อีกครั้ง จนกว่าได้ผลสอดคล้องกับความเป็นจริงให้มากสุด

3.10 การพัฒนาเว็บไซต์

ข้อมูลที่ได้ตรวจสอบแล้ว รวมทั้งข้อมูลประกอบอื่นๆ ได้นำมาใช้ในการพัฒนาเว็บไซต์ โดยการพัฒนานี้ได้ใช้เครื่องมือ ArcGIS Server โดยมีการนำเข้าข้อมูลที่เป็นข้อมูลเวกเตอร์ (Vector Data) และแรสเตอร์ (Raster Data) เข้ามาในการวิเคราะห์โดยทำการเซฟข้อมูลในรูปแบบของ .Mxd เพื่อนำข้อมูลเข้ามายัง ArcGIS Server โดยการนำพารามิเตอร์คำสั่งเข้ามาใน server นั้นได้อาศัยโมเดลเข้ามาช่วยในการ get ค่า parameter และรวบรวมคำสั่งและเครื่องมือทั้งหมดมาไว้ภายใต้โปรแกรม ArcGIS Server ทำให้ได้เป็น Map Service ขึ้นมาเพื่อให้ผู้ใช้สามารถเรียกใช้บริการได้อย่างทั่วถึง



ภาพที่ 4 ภาพแสดงขั้นตอนในการวิเคราะห์

4. ผลการศึกษา

4.1 ผลการวิเคราะห์ลำดับขั้น (AHP)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกหอพัก ได้จัดทำเป็นปัจจัยหลักและรอง โดยปัจจัยหลัก มี 4 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยด้าน 1)ราคา 2)สิ่งอำนวยความสะดวก 3)สถานที่และสิ่งแวดล้อม และ 4)บุคลาการและการให้บริการ แต่ละปัจจัยหลักก็จะประกอบด้วยปัจจัยรอง ทั้งปัจจัยหลักและรองได้นำมาสร้างเป็นแบบสอบถาม และนำมาสุ่มถามกับกลุ่มนักศึกษาที่ต้องการหาหอพักใหม่ รวมทั้งที่พักอยู่ก่อนแล้ว ข้อมูลจากแบบสอบถามนี้ได้นำมาวิเคราะห์ลำดับขั้น เพื่อหาค่าน้ำหนักของทั้งปัจจัยหลักและรอง ซึ่งพบว่าค่าน้ำหนักของปัจจัยหลักเรียงค่าจากมากไปหาน้อย ดังนี้ 0.46, 0.23, 0.21, 0.11 ซึ่งเป็นของปัจจัยด้านราคา สถานที่และสิ่งแวดล้อม ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก และด้านบุคลากรและการให้บริการ ตามลำดับ ที่ระดับความสอดคล้อง (Consistency Ration หรือ CR) CR = 0.02 ค่าน้ำหนักของปัจจัยหลักและรอง ได้สรุปไว้ในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าน้ำหนักของปัจจัยหลักและรอง

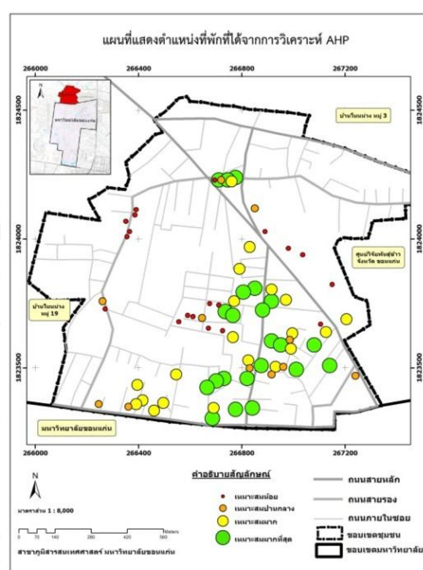
ปัจจัยหลัก (W)	ปัจจัยรอง (a)	ค่าน้ำหนักปัจจัยรอง	ผลคูณ นน. (W x a)
1. ราคา (W1 = 0.46)	1.1) 2500 - 3000	0.20	0.094
	1.2) 3000 – 3500	0.45	0.208
	1.3) 3500 – 4000	0.24	0.111
	1.4) > 4000	0.10	0.047
2. สถานที่และสิ่งแวดล้อม (W2 = 0.23)	2.1) ร้านขายยา	0.08	0.019
	2.2) ร้านอาหาร	0.16	0.038
	2.3) สถานบันเทิง	0.20	0.046

	2.4) สถานีอนามัย 2.5) สถานีตำรวจ 2.6) เวลาในการเดินทาง	0.24 0.16 0.16	0.055 0.036 0.036
3. ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก (W3 = 0.21)	3.1) ทีวี 3.2) ตู้เย็น 3.3) พัดลม 3.4) เครื่องปรับอากาศ 3.5) ลิฟท์ 3.6) อ่างล้างจาน	1.08 0.88 0.83 1.65 1.67 0.51	0.227 0.184 0.174 0.347 0.352 0.107
4. บุคคลากรและการให้บริการ (W4 =11)	4.1) ความรวดเร็วในการบริการ 4.2) ความเอาใจใส่ของพนักงาน 4.3) จำนวนพนักงานที่ให้บริการ 4.4) การอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้	0.70 0.94 1.23 1.38	0.077 0.104 0.135 0.152

การหาค่าดัชนีที่พัก (DI) ก็โดยการนำค่าน้ำหนักทั้งปัจจัยหลัก (W) และรอง (a) ได้นำมาหารผลคูณกัน (W x a) และรวมผลคูณทั้งหมดเฉพาะของ 3 ปัจจัยหลัก ยกเว้นของปัจจัยด้านสถานที่และสิ่งแวดล้อม ซึ่งก็พบว่า จำนวนหอพักตกอยู่ในระดับความเหมาะสมมากที่สุด ถึง 23 หอพัก รองลงมา ได้แก่ระดับความเหมาะสมมาก และเหมาะสมน้อย เป็นจำนวน 20 และ 19 หอพัก ตามลำดับ และระดับความเหมาะสมปานกลางนั้น มีจำนวนน้อยที่สุด คือ 11 หอพัก ดังตารางที่ 7 การกระจายตัวของหอพักตามความเหมาะสมที่ได้จากการวิเคราะห์ลำดับขั้น ดังภาพที่ 5

ตารางที่ 7 จำนวนหอพักตามระดับความเหมาะสม หลักจากการวิเคราะห์ลำดับขั้น

ระดับความเหมาะสม	**จำนวนหอพัก**
1 (เหมาะสมน้อย)	19
2 (เหมาะสมปานกลาง)	11
3 (เหมาะสมมาก)	20
4 (เหมาะสมมากสุด)	23



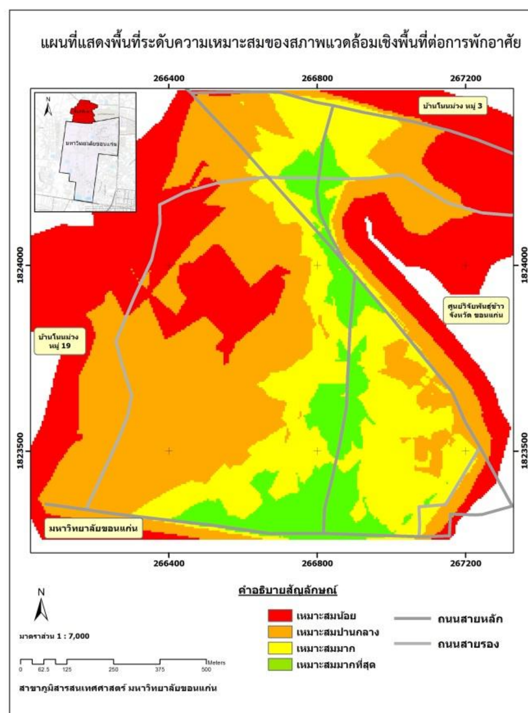
ภาพที่ 5 หอพักที่เหมาะสมตามการวิเคราะห์ลำดับขั้น

4.2 ผลการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่ต่อการพักอาศัย

ปัจจัยทั้ง 6 ปัจจัย ได้แก่ปัจจัย 1)ร้านขายยา 2)สถานบันเทิง 3)ร้านอาหาร 4)สถานีอนามัย 5)สถานีตำรวจ และ 6)เวลาใช้ในการเดินทางไปถึงประตูรั้วมหาวิทยาลัย มาวิเคราะห์รวมกัน ซึ่งก็พบว่า พื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่ตกอยู่ในระดับเหมาะสมน้อย ถึงร้อยละ 35.63 ของพื้นที่ศึกษา ระดับความเหมาะสมที่รองลงมา ได้แก่ พื้นที่เหมาะสมปานกลาง เหมาะสมมาก และเหมาะสมมากสุด คิดเป็นร้อยละของพื้นที่ศึกษา เท่ากับ 35.52, 19.08 และ 9.05 ตามลำดับ (ดังตารางที่ 8) พื้นที่เหมาะสมมากที่สุดต่อการพักอาศัย พบอยู่ตรงกลางของพื้นที่ศึกษา ส่วนพื้นที่ระดับรองลงมาจะกระจายตัวรอบข้างที่ห่างออกไป ดังภาพที่ 6

ตารางที่ 8 แสดงระดับความเหมาะสมของสภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่ต่อการพักอาศัย

ระดับความเหมาะสม	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละ
1 (เหมาะสมน้อย)	321.48	35.63
2 (เหมาะสมปานกลาง)	320.45	35.52
3 (เหมาะสมมาก)	178.75	19.80
4 (เหมาะสมมากสุด)	81.65	9.05
รวม	902.33	100.00



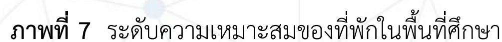
ภาพที่ 6 แสดงพื้นที่ระดับความเหมาะสมของสภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่ต่อการพักอาศัย

4.3 ผลการประมวลผลที่พักกับสภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่ต่อการพักอาศัย

ที่พักหรือหอพักที่ได้จัดระดับความเหมาะสมตามการวิเคราะห์ลำดับขั้น ได้นำมาวิเคราะห์ร่วมกับสภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่ ก็พบว่า หอพักส่วนใหญ่ ตกอยู่ในระดับความเหมาะมากที่สุด ถึง 27 หอพัก รองลงมาเป็นระดับเหมาะสมมาก ปานกลาง และเหมาะสมน้อย มีจำนวน 22 16 และ 8 หอพัก ดังตารางที่ 9 ส่วนการกระจายตัวของหอพักแต่ละระดับ ได้จัดทำและแสดงไว้ในภาพที่ 7

ตารางที่ 9 จำนวนที่พัก/หอพักแต่ระดับความเหมาะสม

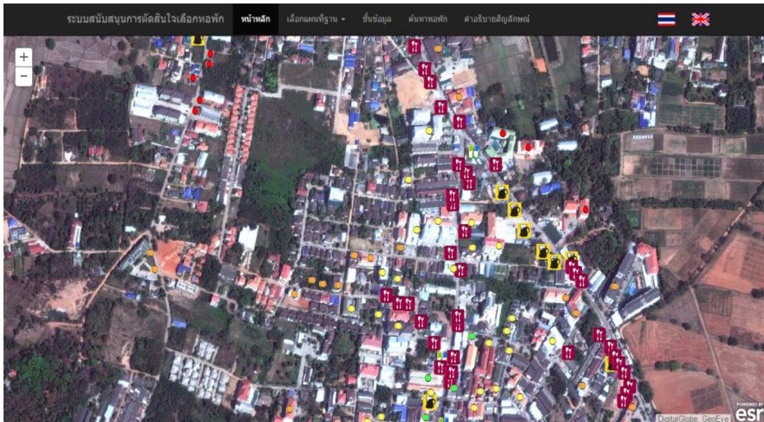
ระดับความเหมาะสม	จำนวนหอพัก
1 (เหมาะสมน้อย)	8
2 (เหมาะสมปานกลาง)	16
3 (เหมาะสมมาก)	22
4 (เหมาะสมมากสุด)	27



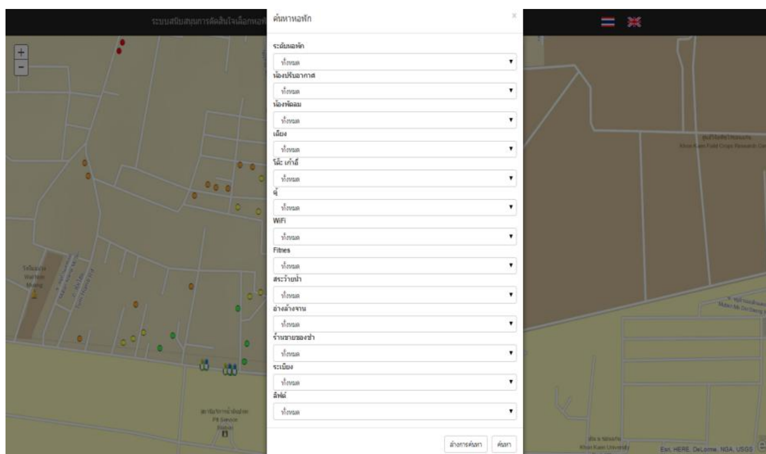
ภาพที่ 7 ระดับความเหมาะสมของที่พักในพื้นที่ศึกษา

4.4 การพัฒนาเว็บไซต์

การพัฒนาเว็บไซต์ โดยใช้ ArcGIS Server เป็นเครื่องมือช่วยในการพัฒนา โดยเน้นการสร้าง GUI ที่ต้องการให้ผู้สนใจใช้งานได้ง่าย ผู้ใช้สามารถเลือกหอพักตามเงื่อนไขที่ต้องการได้ง่าย เช่น เลือกสิ่งอำนวยความสะดวก (เช่น เตียงนอน Wi-Fi พัดลม ฯลฯ) เลือกราคา (ระดับช่วงราคาที่ต้องการ) เป็นต้น เมื่อเจอหอพักที่ตรงกับเงื่อนไขที่ต้องการ ก็จะแสดงตำแหน่งหอพักนี้ออกมา ลักษณะหน้าตาของเว็บไซต์ ดังภาพที่ 8 และ 9



ภาพที่ 8 ตัวอย่างเว็บไซต์ (หน้าเว็บไซต์ให้เลือกหอพัก)



ภาพที่ 9 แสดงตำแหน่งและรายการของหอพัก

5. สรุปผลการศึกษา

ในการศึกษาพัฒนาเว็บไซต์ระบบสนับสนุนเชิงพื้นที่สำหรับการตัดสินใจเลือกหอพักเอกชนที่อยู่รอบมหาวิทยาลัยขอนแก่นนี้ มีข้อสรุปจากการศึกษา ดังนี้

การวิเคราะห์ในครั้งนี้ได้แยกการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ส่วน เพื่อให้ง่ายต่อการตรวจสอบความถูกต้องในแต่ละส่วน โดยส่วนแรกเป็นการวิเคราะห์ลำดับขั้น ด้วยการวิเคราะห์ลำดับขั้นกับข้อมูลปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกหอพัก ได้ผลลัพธ์ที่เป็นค่าตัวเลข ที่บอกได้ว่าปัจจัยไหนที่มีอิทธิพลมากสุด (ค่าน้ำหนักมากสุด) ปัจจัยรองลงมา ก็มีค่าน้ำหนักลดลงมาตามลำดับ จึงทำให้การเลือกหอพักนี้มีความน่าเชื่อถือมากกว่าการตัดสินใจด้วยการใช้ความรู้สึกเป็นที่ตั้ง และเป็นค่าโดยรวมของผู้คนที่ต้องการหาที่พักเอกชน และส่วนที่ 2 วิเคราะห์พื้นที่เพื่อจัดระดับความเหมาะสมสภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่ ทำให้ได้ผลลัพธ์ออกมาสอดคล้องกับความเป็นจริงมากสุด การได้ผลลัพธ์ที่เป็นที่น่าพอใจนี้ ก็เนื่องจากได้นำชุดข้อมูลโครงข่ายมาวิเคราะห์ร่วมด้วย เพื่อเน้นให้เห็นถึงสภาพการเดินทางจากที่พักถึงสถานที่ที่ต้องการ (เช่นร้านยา มหาวิทยาลัย เป็นต้น) ส่วนที่ 3 เป็นการนำ

ผลลัพธ์ของส่วนที่ 1 มาวิเคราะห์ร่วมกับผลลัพธ์ส่วนที่ 2 ผลลัพธ์ที่ได้ สามารถจัดระดับเหมาะสมแต่ละหอพักได้ดีและสอดคล้องกับสภาพความจริง ส่วนการพัฒนาเว็บไซต์ ทำได้สะดวกเนื่องจากได้ใช้เครื่องมือที่เข้ากันได้กับตัวข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์ ผู้สนใจสามารถเข้ามาเลือกและดูรายละเอียดของแต่ละหอพักได้ง่าย

6. ข้อเสนอแนะ

สำหรับข้อเสนอแนะ ก็คือเรื่องปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกหอพัก ควรใช้ปัจจัยในสอดคล้องกับสภาพสังคมของนักศึกษาในภูมิภาคเป็นหลัก และควรใช้ปัจจัยหลักๆ ไม่มากเกินไป ถึงแม้ว่าจะได้ทางเลือกมากก็จริง แต่การวิเคราะห์เชิงลำดับขั้นได้ก่อให้เกิดความสับสนขึ้นมาได้ ส่วนข้อมูลชุดโครงข่ายนั้น ควรทดสอบข้อมูลนี้ให้ถูกต้องการนำมาใช้งาน โดยมีข้อระวังเรื่องเวลาในการเดินทางกับสภาพของถนน ควรเพิ่มความหน่วงเวลาในการเดินทางบริเวณที่สภาพถนนชำรุดหรือช่วงเวลาจราจรติดขัด เป็นต้น ฉะนั้นในการศึกษานี้ ก็คาดหวังว่า ข้อสนเทศที่ได้จัดเตรียมผ่านทางเว็บไซต์นี้ ก็น่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งที่ใช้พิจารณาการเลือกที่พักของนักศึกษาหรือผู้ที่สนใจได้เป็นอย่างดี

7. เอกสารอ้างอิง

จิราพร โพธิ์อิ่ม. (2551). **การจัดการข้อมูลหอพักและพื้นที่เสี่ยงต่อ การเกิดอุบัติเหตุและอาชญากรรมของ.** มหาวิทยาลัยศิลปากร (วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์)

ปิติ โชติสุกานต์. (2555). **ปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจของชาวต่างชาติในการเลือกเช่าอพาร์ทเม้นท์ในประเทศไทยเพื่อเตรียมความพร้อมในการเปิดประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน : กรณีศึกษา อพาร์ทเม้นท์ย่านสีลม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยนานาชาติแสตมฟอร์ด

รพิกร ฉลองสัพพัญญู และ จันทร์จิรา พยัคฆ์เพศ. (2557). **การประยุกต์ AHP สาหรับการตัดสินใจเลือกหอพัก: หอพักเอกชนบริเวณมหาวิทยาลัยนเรศวร.**ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก

กรมควบคุมมลพิษ. (2545). **กฎหมายเกี่ยวกับมลพิษทางเสียงและความสั่นสะเทือน กฎกระทรวง กำหนดหลักเกณฑ์วิธีการ และมาตรการควบคุมสถานประกอบกิจการ ที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ**

ศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย. (2556). **อัตราความเร็วของยานพาหนะตามพระราชบัญญัติทางหลวง พ.ศ. 2535**

Batsche, J.C., Reader, S.V. (2011). Using GIS to enhance programs serving emancipated youth leaving foster care. **Evaluation and Program Planning**, (35), 25–33.

การวิเคราะห์หาตำแหน่งจุดศูนย์กลางกระจายสินค้าของ CP ALL ด้วยการใช้แนวทางของการหาตำแหน่งและการจัดสรร กรณีศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

Analysis of distribution center point location of CP ALL utilizing location-allocation approach: A case study, Northeastern of Thailand

ณัฐวุฒิ สุริวงษ์,ปฏิวัติฤทธิเดช, สาธิต แสงประดิษฐ์, รจนา สร้อยแก้ว และ ประชัน เดชชัย

NattawutSuriwong,PatiwatLittidej, SatithSangpradid, Rojanasoikaew and PrachanDatchai

หลักสูตรภูมิสารสนเทศ คณะวิทยาการสารสนเทศมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

โทรศัพท์ 090-9714959 E-mail: Nattawut70@hotmail.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์การศึกษานี้เพื่อวิเคราะห์หาตำแหน่งศักยภาพของจุดกระจายสินค้า วิธีการศึกษาเริ่มจาก 1) หาตำแหน่งจุดทางเลือกของคลังสินค้าเพื่อใช้เป็นตำแหน่งเปรียบเทียบจากการถ่วงน้ำหนักด้วยตำแหน่งจุดพิกัดภูมิศาสตร์ 2) ปรับแก้การเชื่อมต่อของโครงข่ายพร้อมสร้างชุดข้อมูลโครงข่าย เพื่อนำเข้าสู่การวิเคราะห์โครงข่าย 3)เพื่อวิเคราะห์หาตำแหน่งศักยภาพโดยใช้วิธี Minimize Impedance, Maximize Coverage, และ Minimize Facilities ซึ่งทั้งสามวิธีเป็นการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่ได้จากค่าความต้านทานของถนนด้วยระยะทาง (Length) และเวลา (Time)

ผลการศึกษาพบว่าตำแหน่งที่มีศักยภาพทั้งด้านระยะทางและเวลาเป็นตำแหน่งเดียวกันของทุกการวิเคราะห์โดยมีพิกัดระบบ UTM แนวแกน (X=945,351 เมตร และ Y=1,773,213 เมตร) ตามลำดับ โดยมีระยะทางในการส่งสินค้าต่อรอบเป็น43,932 กิโลเมตรเวลาสะสม 589 ชั่วโมงใช้ความเร็วเฉลี่ย 74.58 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตำแหน่งดังกล่าวใกล้เคียงกับตำแหน่งเดิมของ CP ALL รูปแบบการศึกษาสามารถนำไปประยุกต์หาตำแหน่งศักยภาพของศูนย์กระจายสินค้าได้และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่อื่นๆได้

คำสำคัญ: การวิเคราะห์โครงข่าย,ศูนย์กระจายสินค้าC P A L L , การวิเคราะห์ตำแหน่งและการจัดสรร

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the potential of the distribution center (DC). The method of the study was 1) to define acandidate DCpoints to be used as the comparison of the weighted with the geographical coordinates. 2) To modify the connectivity of the network and building a network dataset. 3) To analyze the potential for using Minimize Impedance, Maximize Coverage, Minimize Facilities and which of three methods to compare the costs of the resistance of the road with a distance (Length) and time (Time).

The results showed that the potential point for both distance and time are the same every analysis with coordinates UTM axis (X = 945,351 m and Y = 1,773,213 m), respectively, with the distance of delivery as 43,932 Kilometer and time accumulated 589 hours, average speed 74.58 km per hour such a position as close to the original location of the CP ALL. The study can be applied to the potential of the distribution center and can be applied to other areas.

KEY WORDS: Network Analysis, Distribution center (DC), Location-Allocation

1.บทนำ

ปัจจุบันสถานการณ์การจัดการในด้านการตลาดมีการแข่งขันอย่างมาก จึงทำให้ระบบการกระจายสินค้ามีความสำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งคลังสินค้าเดิมตั้งอยู่ในพื้นที่ ต.ท่าพระ อ.เมือง จ.ขอนแก่น ที่มีอยู่แล้วซึ่งเป็นระยะทางห่างไกลจากจุดความต้องการสินค้าเมื่อศึกษาดูจากความเหมาะสมทางภูมิศาสตร์ เพราะถ้าตำแหน่งคลังกระจายสินค้ามีความเหมาะสมมากก็จะสามารถกระจายสินค้าได้ครอบคลุม และช่วยในการลดค่าใช้จ่ายได้เป็นอย่างยิ่งจากการศึกษาของ นาวีเจี่ยดำรง (2550) ได้ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ในการหาเส้นทางการกระจายสินค้าจากโรงงานไปยังคลังสินค้าและท่าเรือส่งออก สำหรับการส่งออกคำนวณจากวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm)และแผนการขนส่งที่ดีที่สุด โดยหาคำตอบด้วยวิธี ฮิวริสติก และการศึกษาพบว่าแบบจำลองสามารถลดต้นทุนและช่วยในการวางแผนการจัดการการขนส่งจินตนา แซ่ฉั่ว (2554) วิเคราะห์หาทำเลที่ตั้งและจำนวนศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสม ด้วยวิธีการสร้างแบบจำลองตัวแปรขึ้นมาเพื่อหาวิธีจัดการที่ดีที่สุดในการลดต้นทุนเพื่อปรับปรุงและออกแบบระบบการกระจายสินค้าเพื่อแก้ปัญหาระบบการขนส่งของจังหวัดต่างๆ ในภาคใต้ โสภณ เมืองชู และคณะ (2556) ใช้แนวคิดในการจัดตั้งศูนย์กระจายยาและเวชภัณฑ์กลาง การศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดตั้งศูนย์กระจายยาและเวชภัณฑ์นับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งเพื่อให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบที่เหมาะสม อันจะนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพลดต้นทุนของการบริหารจัดการยาและเวชภัณฑ์ และยกระดับการให้บริการสุขภาพต่อประชาชนในที่สุด สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์เกี่ยวกับการสร้างศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้า โดย นิกร ศิริวงศ์ไพศาล (2550) ได้ศึกษาการดำเนินงานวิจัยเริ่มต้นจากการเก็บรวบรวมข้อมูลสภาพ“ปัจจุบัน” ตลาดรวมพืชผลหัวอิฐและสภาพ “ที่ควรจะเป็น” โดยพิจารณาจากสถานที่ที่เป็นแหล่งอ้างอิง (Reference Site) ที่มีแนวปฏิบัติที่เป็นเลิศ (Best Practices) ข้อมูลในด้านต่างๆ ได้แก่ ประเภทกลุ่มผู้ซื้อ/กลุ่มผู้ขายขายปริมาณการหมุนเวียนของสินค้าโครงสร้างพื้นฐานของตลาดเส้นทางการขนส่งสินค้า ปนิตา เชิงรู้ (2555) ได้ศึกษากระบวนการวางแผนความต้องการสินค้า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและหาวิธีการพยากรณ์ยอดขายที่ทำให้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุดและเพื่อวางแผนความต้องการสินค้าให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้นโดยเริ่มจากนำข้อมูลยอดขายแต่ละรายการสินค้าเป็นรายเดือน

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System, GIS) เพื่อนำมาจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ เพื่อจัดทำเป็นฐานข้อมูลในการวางแผนการหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดที่จะขนส่งโดยใช้ข้อมูล Boundary มาใช้ในการหาที่ตั้งที่เหมาะสมที่สุดของคลังสินค้า และหาค่า Central Feature ของแต่ละจังหวัด การกระจายสินค้าเป็นการจัดส่งวัตถุดิบและสินค้าสำเร็จรูปไปยังสถานที่ปลายทางที่ต้องการในเวลาที่ระบุโดยที่สินค้านั้นจะต้องอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ การกระจายสินค้าจึงเป็นส่วนหนึ่งของการเชื่อมโยงระหว่างองค์กรธุรกิจหรือหน่วยการผลิตกับลูกค้า ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการให้บริการ และตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้เป็นอย่างดี

2.วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างวิธีการหาที่ตั้งของคลังสินค้า ที่เหมาะสมในพื้นที่ศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างคลังสินค้าที่จุดเดิม (CP) กับจุดที่ได้จากวิธีที่เสนอในการศึกษา

3.ขอบเขตของงานวิจัย

3.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

3.1.1 ศึกษาเฉพาะคลังกระจายสินค้าหลักของบริษัท CP ALL

3.1.2 พื้นที่ศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

3.1.3 การเดินทางระหว่างจุดใดๆจะอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎี Dijkstra’s Algorithmซึ่งจะถูกติดตั้งใน Network Analysis โดยอยู่ในเครื่องมือ O-D Cost Matrix ของโปรแกรมArc map 10.x

3.1.4 การหาตำแหน่งของศูนย์กระจายสินค้าโดยใช้ฟังก์ชัน Location-Allocation ด้วยฟังก์ชันย่อย Minimize Impedance, Maximize Coverage, Maximize, Minimize Facilities

3.1.5 ค่า Impedance ของโครงข่ายถนนจะใช้เป็นเวลา (Time) ที่คำนวณจากค่าความชัน (Slope)

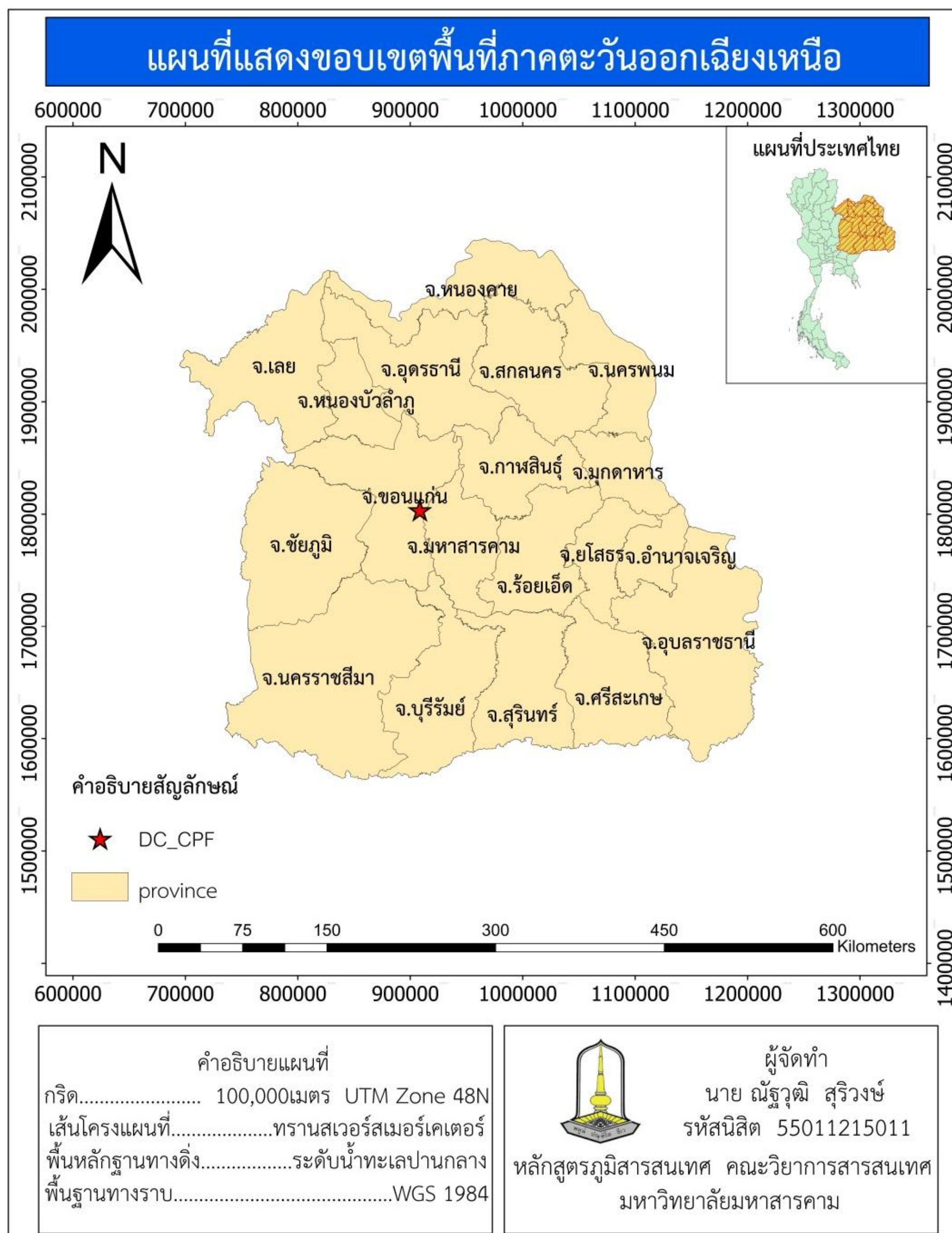
3.1.6 ถนนที่ใช้ในการวิเคราะห์จะใช้เฉพาะถนนสายหลัก และถนนสายรอง

3.1.7 ข้อมูลศูนย์กระจายสินค้าของ บมจ. CP ALL ตั้งอยู่ ต.ท่าพระ อ.เมือง จ.ขอนแก่น มีเนื้อที่ 37 ไร่ พื้นที่ 12,000 ตารางเมตร ส่งสินค้าให้กับ 20 จังหวัด รวมทั้งหมดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือทั้งหมด 1,021 สาขา

3.1.8 จำนวนของศูนย์กระจายสินค้าทางเลือกจะกำหนดโดยผู้วิจัย โดยกำหนด 453 จุดที่ห่างจากจุดกระจายสินค้าเดิมและแต่ละจุดห่างกัน 10 กิโลเมตร

3.2 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

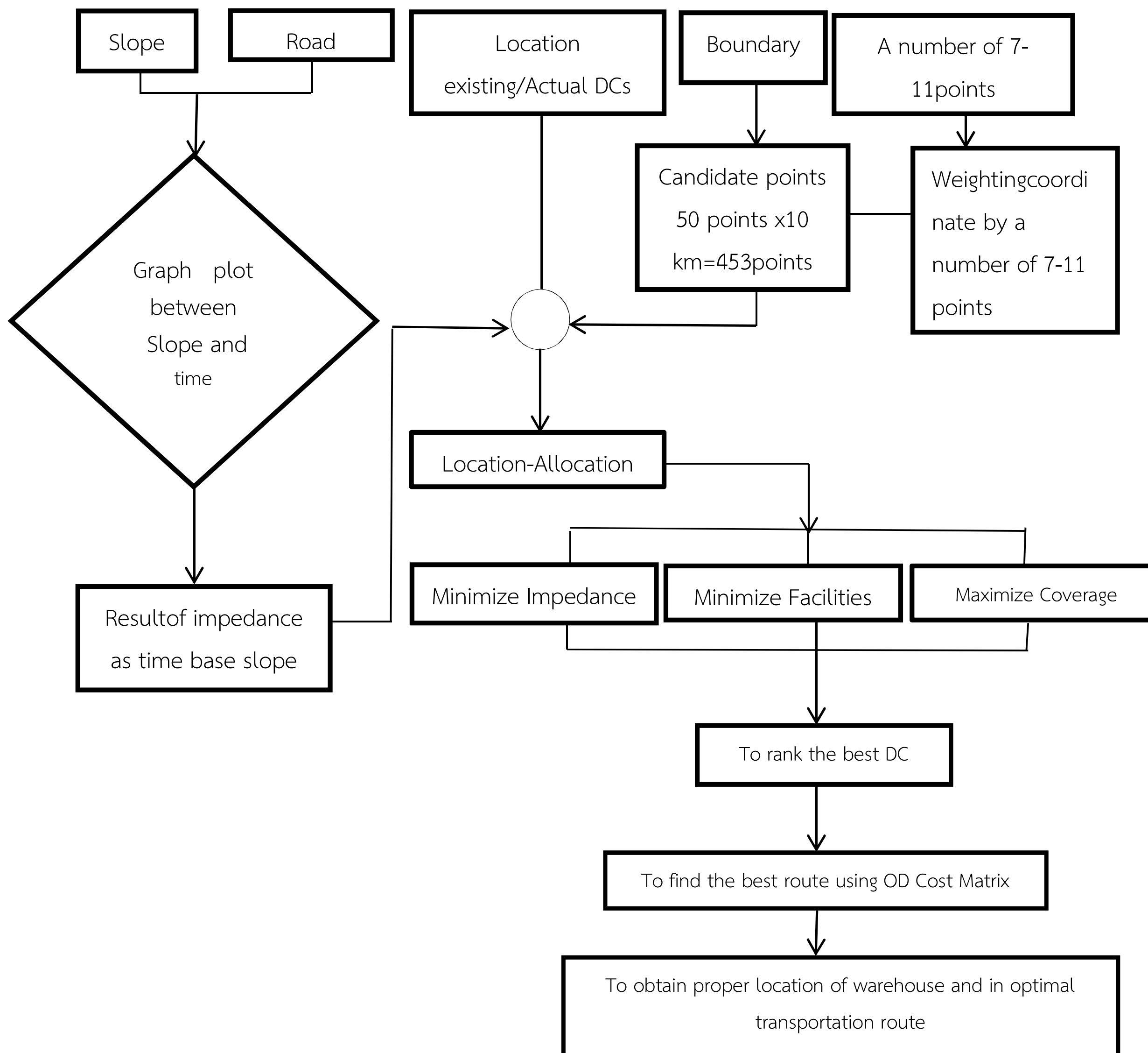
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีเนื้อประมาณ 168,854 ตารางกิโลเมตร หรือมีเนื้อที่ร้อยละ 33.17 เทียบได้กับ 1 ใน 3 ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศไทย



รูปที่1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

4. วิธีการวิจัย

4.1วิธีการดำเนินงาน



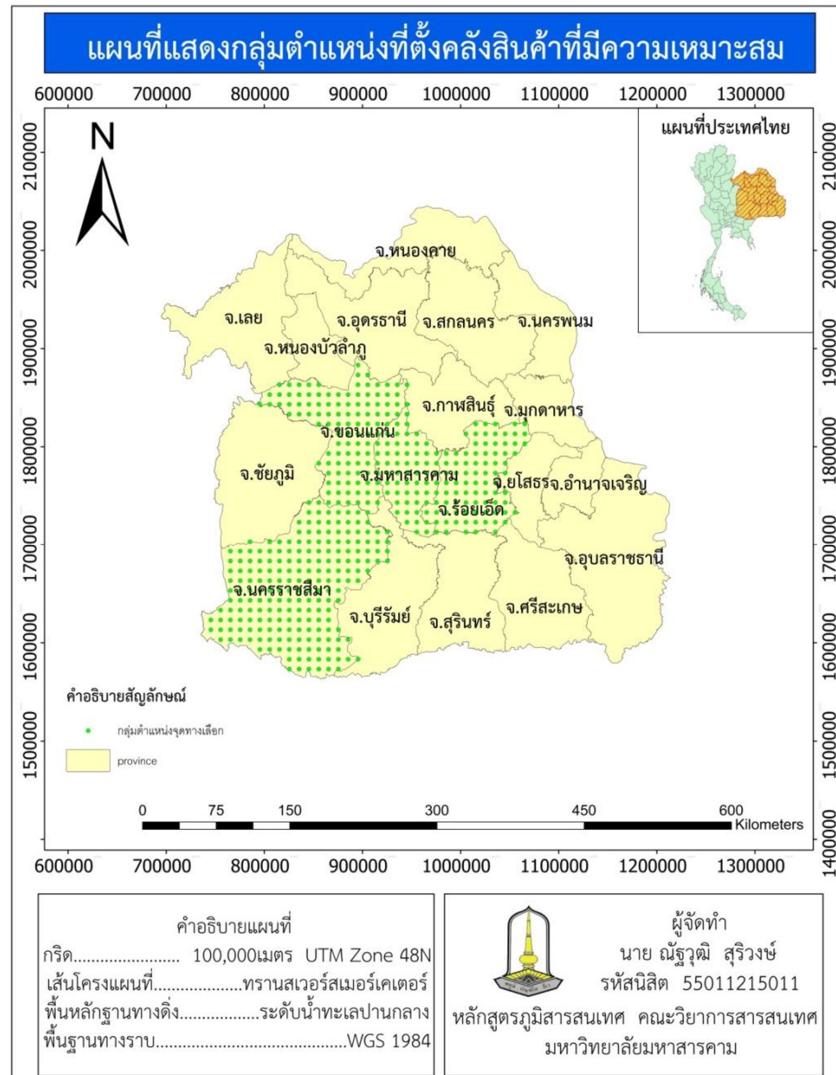
รูปที่2 ผังขั้นตอนการดำเนินการ

4.2 ขั้นตอนการดำเนินการ

4.2.1 รวบรวมข้อมูลเบื้องต้นและกำหนดปัจจัยโดยใช้ข้อมูล ความลาดชัน (Slope) ถนน (Road) เพื่อนำมาสร้างค่าความต้านทานของถนน (Impedance) โดยคำนวณระยะทางด้วยฟังชั่น Add Surface Information ซึ่งระยะทางที่ได้จากฟังชั่นจะ

เป็นความสัมพันธ์ระหว่างความยาว และความชันของถนน รวมทั้งข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งของคลังสินค้าและร้านสะดวกซื้อในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

4.2.2 วิเคราะห์หาพื้นที่ตั้งทางเลือกของคลังสินค้าโดยให้ค่าน้ำหนักของความต้องการของสินค้าโดยกำหนดเป็นชุดของจุดทางเลือก ที่มีระยะห่างกันทุกๆ 10 กิโลเมตร



รูปที่3แผนที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งทางเลือก

4.2.3 หาจุดกึ่งกลางของจุดความต้องการสินค้า (Demand point center) ด้วยฟังก์ชัน Mean center

4.2.4 วิเคราะห์เส้นทางในการเดินรถระหว่างคลังสินค้าไปยังร้านสะดวกซื้อโดยใช้คำสั่งจากฟังก์ชัน Location-Allocation ด้วยฟังก์ชันย่อย Minimize Impedance, Maximize Coverage, Minimize Facilities

4.2.4.1 ฟังก์ชัน Location-Allocation ใช้สำหรับวิเคราะห์การจัดสรรตำแหน่งศักยภาพของศูนย์กระจายสินค้าทางเลือก เพื่อจัดสรรตำแหน่งให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการกระจายสินค้า โดยตำแหน่งข้อมูลอาจเป็นทำเลที่ตั้งที่คาดว่าจะเปิดธุรกิจหรือเป็นตำแหน่งร้านค้า หรือเป็นตำแหน่งของสิ่งอำนวยความสะดวก (Facility) ทั้งนี้ฟังก์ชันในการทำงานของ Location-Allocation มีหลายฟังก์ชัน ในการวิจัยนี้ได้เลือกใช้คำสั่ง Minimize Impedance, Maximize

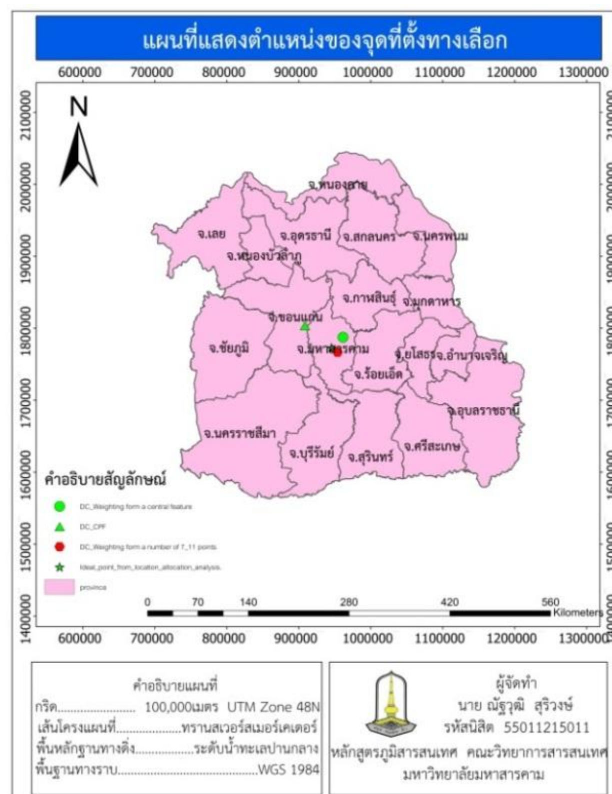
Coverage และ Minimize Facilities เพื่อนำมาวิเคราะห์ชุดของจุดทางเลือกที่จะนำมาคัดกรองหาจุดที่จะเป็นจุดกระจายสินค้าที่ดีสุดอีกครั้ง

4.2.4.1.1.Minimize Impedance เป็นฟังก์ชันที่ใช้หาค่าความต้านทานที่น้อยที่สุด (minimize impedance) จากการเดินทางของจุดกระจายสินค้าทางเลือก (Alternative DC points) ถึงตำแหน่งของจุดความต้องการสินค้า (Demand points)

4.2.4.1.2. Maximize Coverage เป็นฟังก์ชันที่ใช้คำนวณหาพื้นที่ให้บริการของจุดกระจายสินค้าที่มีต่อจุดความต้องการสินค้าเพื่อให้ครอบคลุมที่สุด โดยการเดินทางจากจุดกระจายสินค้าทางเลือก (Alternative DC points) ถึงตำแหน่งของจุดความต้องการสินค้า (Demand points) จะต้องมีค่าความต้านทานที่น้อยที่สุดด้วย

4.2.4.1.3. Minimize Facilities เป็นฟังก์ชันที่มีการทำงานและผลลัพธ์คล้ายกับ Maximize Coverage แต่จะมีความแตกต่างกันตรงที่ Minimize Facilities จะหาจำนวนจุด DC ที่น้อยที่สุดที่สามารถให้พื้นที่บริการครอบคลุมที่สุด ต่อจุดความต้องการสินค้า (Demand points)

4.2.5 ทราบชุดของกลุ่มตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าที่มีความเหมาะสมเพื่อที่จะนำไปจัดอันดับหาจุดตำแหน่งกระจายสินค้าศักยภาพ



รูปที่ 4 แผนที่แสดงจุดที่ตั้งทางเลือกที่มีความเหมาะสมที่สุด

จากรูปที่ 4 แสดงให้เห็นถึงกลุ่มจุดที่ตั้งทางเลือกที่ได้ผ่านการคัดกรองคือ1)จุดกึ่งกลาง(Centroid) ที่คำนวณจากพิกัดภูมิศาสตร์ของจุดตัวแทนอำเภอ2)จุดกึ่งกลาง(Centroid) ที่คำนวณจากพิกัดภูมิศาสตร์ที่ถูกให้น้ำหนักจากจำนวนร้านสะดวกซื้อในแต่ละจุดตัวแทนอำเภอ 3)จุดที่ตั้งคลังสินค้าเดิม 4)จุดที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยฟังชั่น (Location-Allocation) เพื่อจะไปนำไปเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย ด้วยวิธีการ OD Cost Matrix

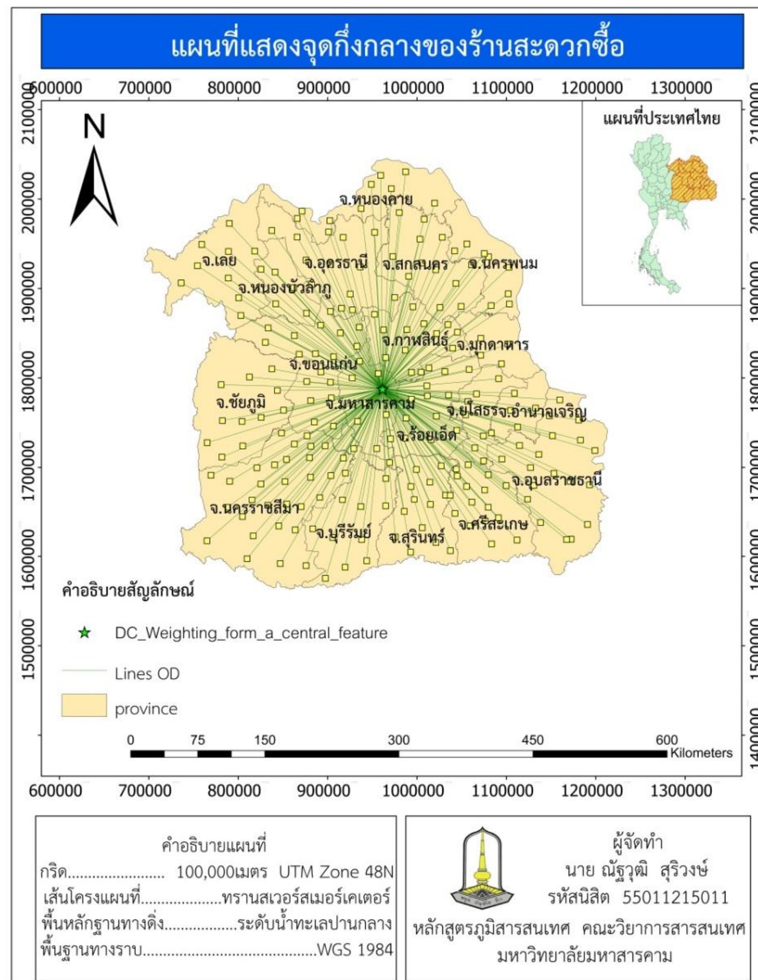
4.2.6 จุดทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดที่จะกำหนดเป็นที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้า

4.2.7 แสดงเส้นทางที่ดีที่สุดจากการเดินทางของจุดกระจายสินค้าทางเลือก (Alternative DC points) ถึงตำแหน่งของจุดความต้องการสินค้า (Demand points) โดยใช้ฟังก์ชัน OD Cost Matrix

4.2.8 ได้รับตำแหน่งที่เหมาะสมของคลังสินค้าและการขนส่งในเส้นทางที่ดีที่สุด

5.ผลการศึกษา

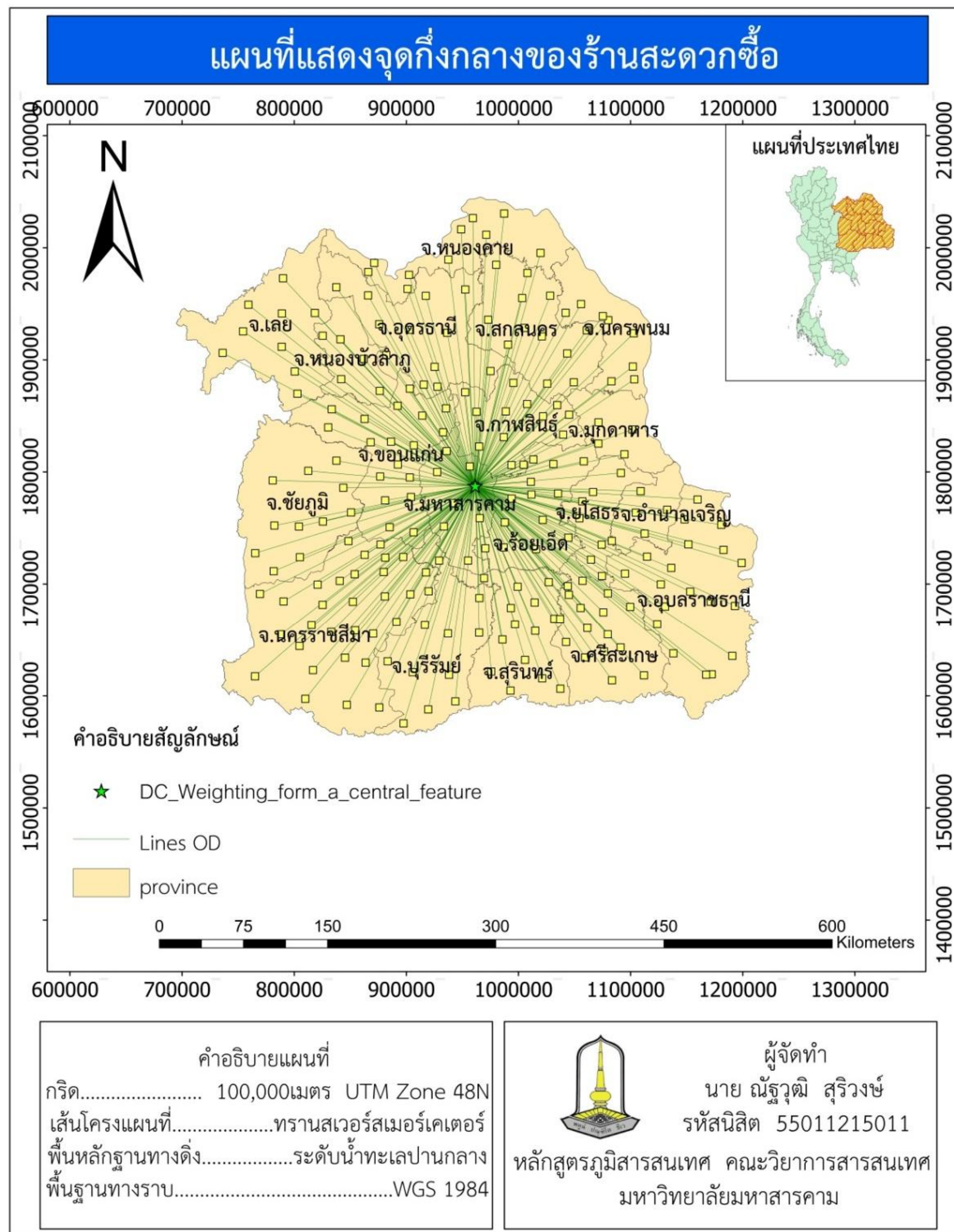
5.1 จุดกึ่งกลาง (Centroid) ที่คำนวณจากพิกัดภูมิศาสตร์ของจุดตัวแทนอำเภอ(DC Weighting form a central feature)



รูปที่ 5แผนที่แสดง OD Cost Matrix จุดกึ่งกลางของร้านสะดวกซื้อ

จากภาพประกอบที่ 5 แสดงเส้นทางการขนส่งของจุดที่ได้จากการหาจุดกึ่งกลางของร้านในพื้นที่ ต.แวงน่าง อ.เมือง มหาสารคาม จ.มหาสารคาม โดยใช้วิธีการ OD cost Matrix ในการคำนวณโดยใช้ระยะทางเป็นตัวกำหนดค่าความต้านของถนนมีระยะทางสะสม 44,018กิโลเมตรได้เวลาสะสม 621 ชั่วโมง และใช้ระยะเวลาเป็นตัวกำหนดค่าความต้านทานของถนนมีระยะทางสะสม 44,512 กิโลเมตร ได้เวลาสะสม 574 ชั่วโมง

5.2 จุดกึ่งกลาง (Centroid) ที่คำนวณจากพิกัดภูมิศาสตร์ที่ถูกให้น้ำหนักจากจำนวนร้านสะดวกซื้อในแต่ละจุดตัวแทนอำเภอ (DC Weighting form a number of711 points)

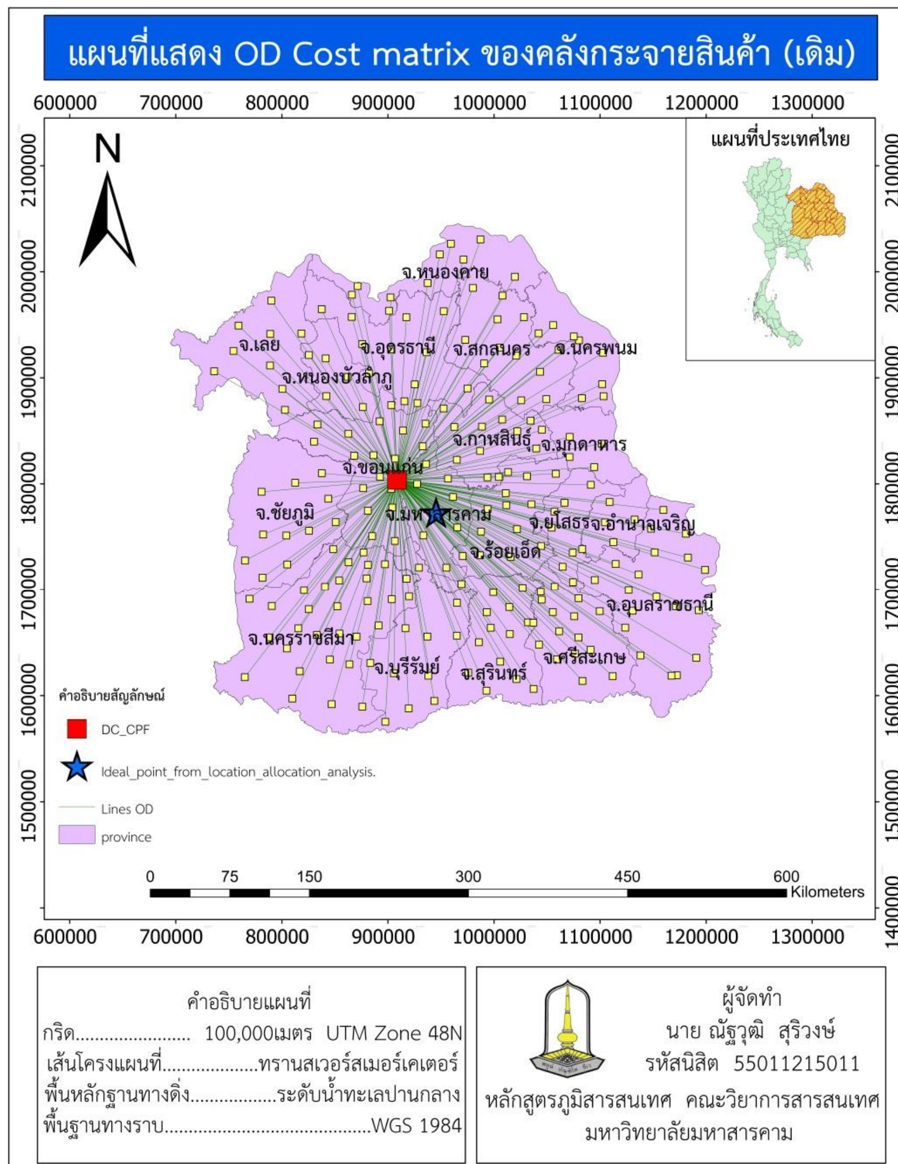


รูปที่ 6แผนที่แสดง OD Cost Matrix จุดกึ่งกลางของจำนวนร้านสะดวกซื้อ

จากภาพประกอบที่ 6 แสดงเส้นทางการขนส่งของจุดที่ได้จากการหาจุดกึ่งกลางของร้านในพื้นที่ ต.ยาง อ.บรบือ จ. มหาสารคาม โดยใช้วิธีการ OD cost Matrix ในการคำนวณโดยใช้ระยะทางเป็นตัวกำหนดค่าความต้านทานของถนน มีระยะทางสะสม 44,305กิโลเมตรได้เวลาสะสม 593 ชั่วโมง และใช้ระยะเวลาเป็นตัวกำหนดค่าความต้านทานของถนน มีระยะทางสะสม 44,782 กิโลเมตร ได้เวลาสะสม 575 ชั่วโมง

5.3 แผนที่แสดงเส้นทางการขนส่งของคลังสินค้า (เดิม)

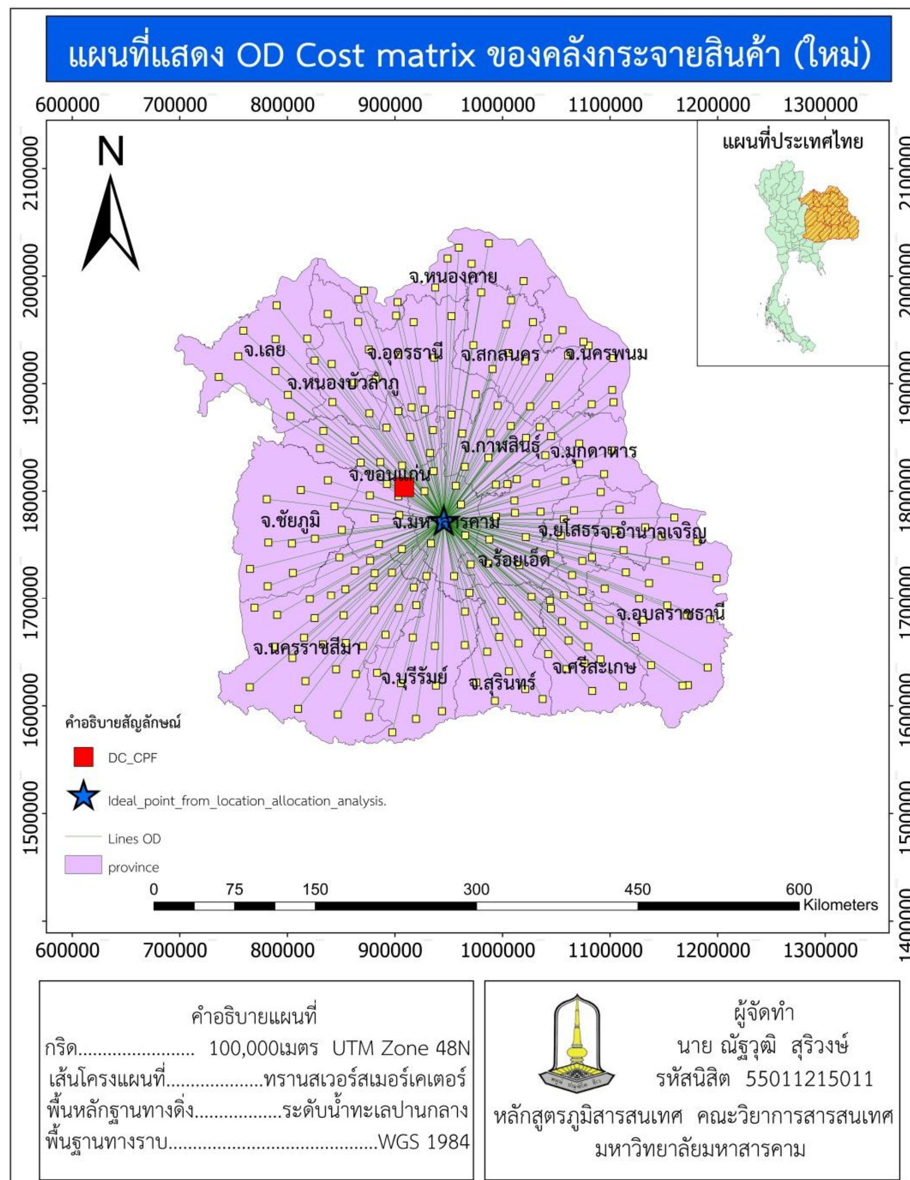
การศึกษาการวิเคราะห์หาที่ตั้งของคลังสินค้าและเส้นทางที่ดีที่สุดในการขนส่งสินค้าภายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าที่ตั้งและเส้นทางในการขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าไปยังร้านสาขาย่อยของบริษัท CP ALL ได้ผลลัพธ์ดังรูป



รูปที่ 7 แผนที่แสดง OD Cost Matrix ของจุดกระจายสินค้า

จากรูปที่ 7 แสดงเส้นทางการขนส่งของคลังสินค้าเดิมในพื้นที่ ต.ท่าพระ อ.เมือง จ.ขอนแก่น โดยใช้วิธีการ OD cost Matrix ในการคำนวณใช้ระยะทางเป็นตัวกำหนดค่าความต้านทานของถนน มีระยะทางสะสม 46,765 กิโลเมตร ได้เวลาสะสม 621 ชั่วโมง และใช้ระยะเวลาเป็นตัวกำหนดค่าความต้านของถนน มีระยะทางสะสม 47,291 กิโลเมตร ได้เวลาสะสม 604 ชั่วโมง

7.2 แผนที่แสดงเส้นทางการขนส่งของคลังสินค้า (ใหม่)

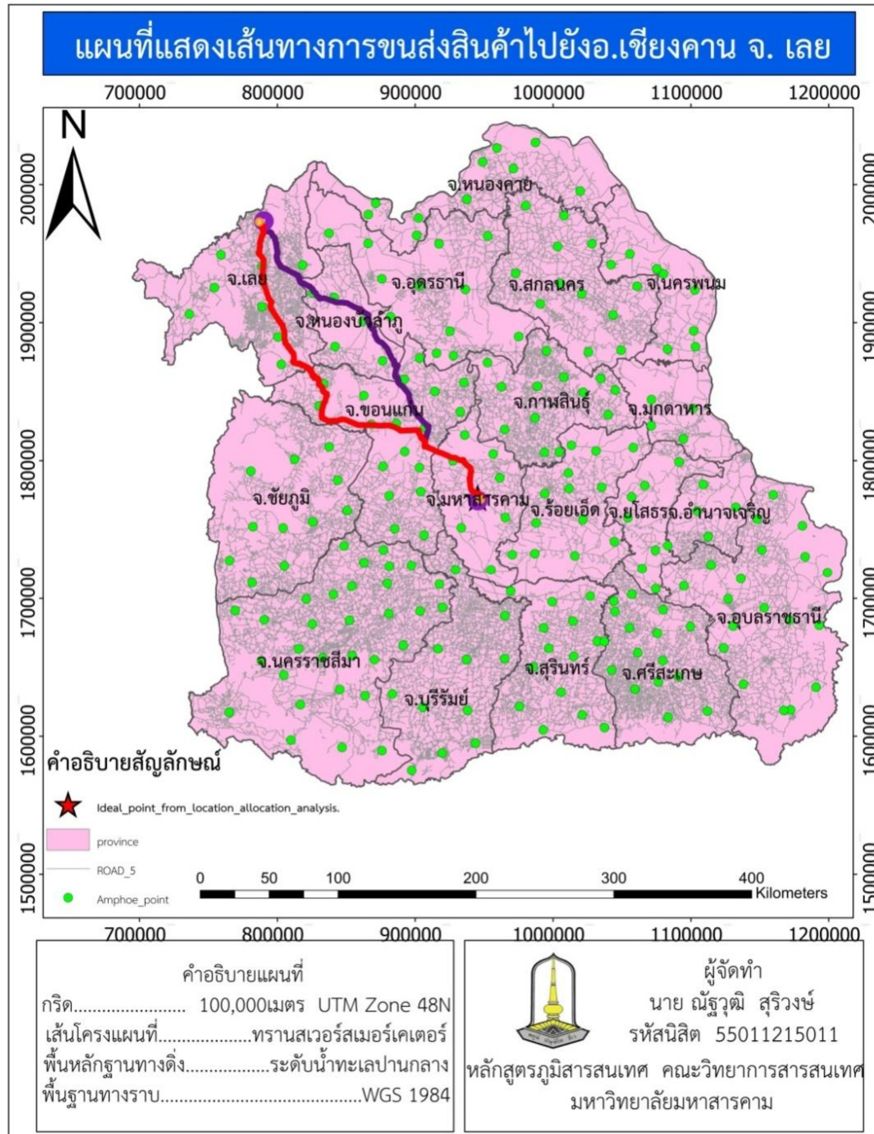


รูปที่8 แผนที่แสดง OD cost Matrix ของคลังกระจายสินค้าใหม่

จากรูปที่ 8 แสดงเส้นทางการขนส่งของคลังสินค้าใหม่ในพื้นที่ ต.หนองจิก อ.บรบือ จ.มหาสารคาม โดยใช้วิธีการ OD cost Matrix ในการคำนวณใช้ระยะทางเป็นตัวกำหนดค่าความต้านทานของถนนมีระยะทางรวม 43,932 กิโลเมตร ได้เวลาสะสม 589 ชั่วโมง และใช้ระยะเวลาเป็นตัวกำหนดค่าความต้านทานของถนน มีระยะทางรวม 44,143 กิโลเมตร ได้ระยะเวลารวม 571 กิโลเมตรดังนั้นคลังสินค้าที่ได้จากการหาด้วยวิธีการวิเคราะห์ตำแหน่งและการจัดสรร (Location-Allocation) จึงมีความเหมะสมมากกว่าทุกๆจุดทางเลือก ทั้งด้วยระยะทางรวมกับเวลาที่น้อยกว่า และการกระจายสินค้าที่ครอบคลุมมากกว่าคลังสินค้าเดิม

7.3 เส้นทางการขนส่งสินค้าจากคลังกระจายสินค้าไปยังร้านสาขาย่อยของบริษัท CP ALL

จากการศึกษาเส้นทางการขนส่งสินค้าในแต่ละอำเภอเพื่อหาเส้นทางที่สั้นที่สุดและเวลาที่น้อยที่สุดในการขนส่งสินค้าไปยังร้านสาขาย่อยของ CP ALL จึงได้ยกตัวอย่างเส้นทางที่ได้จากการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่ได้จากค่าความต้านทานของถนนด้วยระยะทาง (Length) และเวลา (Time) ที่คำนวณจากสัดส่วนของระยะทางต่อการเปลี่ยนแปลงของความเร็วและความชัน



รูปที่ 9 แผนที่แสดงเส้นทางการขนส่งของคลังสินค้าไปยัง อ.เชียงคาน จ.เลย

จากรูปที่9 จะแสดงให้เส้นทางในการขนส่งสินค้าจากคลังสินค้ามหาสารคามไปยัง จังหวัด เลย ทั้ง 2 เส้นทาง เส้นทางที่1(เส้นสีม่วง) จะใช้ระยะทาง (Length) เป็นตัวกำหนดค่าความต้านทานของถนน ได้ระยะทาง 303 กิโลเมตร ด้วยเวลา 5ชั่วโมง 30 นาที เส้นทางที่ 2 (เส้นสีแดง) จะใช้ระยะเวลา (Time) เป็นตัวกำหนดค่าความต้านทานของถนน ได้ระยะทาง 328 กิโลเมตร โดยใช้เวลาในการขนส่ง 4 ชั่วโมง 45 นาทีและทุกๆอำเภอจะมีค่าระยะทางและระยะเวลาการขนส่งในตาราง ดังนี้

7.3.1 แสดงระยะทางจากคลังกระจายสินค้าไปยังร้านสาขาย่อยของบริษัท CP ALL

ตารางที่ 1แสดงระยะทางจากคลังกระจายสินค้าไปยังร้านสาขาย่อยของบริษัท

ลำดับ	จุดเริ่มต้น	จุดปลายทาง	จังหวัด	ระยะทาง (กม.)		เวลา (น.)	
				ระยะทาง	เวลา	ระยะทาง	เวลา
1	มหาสารคาม	อ.พนมไพร	ร้อยเอ็ด	142	106	-	-
2	มหาสารคาม	อ.สุวรรณภูมิ	ร้อยเอ็ด	102	76	-	-
3	มหาสารคาม	อ.เกษตรวิสัย	ร้อยเอ็ด	80	60	-	-
4	มหาสารคาม	อ.ปทุมรัตต์	ร้อยเอ็ด	61	46	-	-
5	มหาสารคาม	อ.เชียงคาน	เลย	303	318	328	267
6	มหาสารคาม	อ.ท่าลี่	เลย	310	330	328	276
7	มหาสารคาม	อ.เมืองเลย	เลย	276	287	290	236
8	มหาสารคาม	อ.นาด้วง	เลย	255	262	274	222
9	มหาสารคาม	อ.ภูเรือ	เลย	329	341	345	327
10	มหาสารคาม	อ.ด่านซ้าย	เลย	375	428	392	412
11	มหาสารคาม	อ.วังสะพุง	เลย	270	220	-	-
12	มหาสารคาม	กิ่งอ.หนองหิน	เลย	237	194	-	-
13	มหาสารคาม	อ.ภูกระดึง	เลย	221	195	-	-
14	มหาสารคาม	อ.ราษีไศล	ศรีสะเกษ	148	111	-	-
15	มหาสารคาม	อ.ยางชุมน้อย	ศรีสะเกษ	177	132	-	-
16	มหาสารคาม	อ.บึงบูรพ์	ศรีสะเกษ	180	135	-	-
17	มหาสารคาม	อ.อุทุมพรพิสัย	ศรีสะเกษ	176	132	-	-
18	มหาสารคาม	กิ่งอ.โพธิ์ศรีสุว	ศรีสะเกษ	181	136	-	-
19	มหาสารคาม	อ.กันทรารมย์	ศรีสะเกษ	207	155	-	-
20	มหาสารคาม	อ.เมืองศรีเกษ	ศรีสะเกษ	188	141	-	-
21	มหาสารคาม	อ.ห้วยทับทัน	ศรีสะเกษ	183	137	-	-
22	มหาสารคาม	อ.วังหิน	ศรีสะเกษ	204	153	-	-
23	มหาสารคาม	อ.พยุห์	ศรีสะเกษ	210	158	-	-
24	มหาสารคาม	อ.ปรางค์กู่	ศรีสะเกษ	201	151	-	-

จากตารางที่ 1 ผลจากการวิเคราะห์โดยใช้ระยะทางเป็นตัวกำหนดค่าความต้านทานของถนนในการหาเส้นทางการขนส่ง จากผลการศึกษาพบว่าได้ระยะทางที่สั้น แต่ใช้เวลาในการขนส่งมากเนื่องด้วยปัจจัยทางด้านความลาดชันของเส้นถนนส่งผลต่อระยะเวลาในการขนส่งสินค้า และจากการวิเคราะห์โดยใช้ระยะเวลาเป็นตัวกำหนดค่าความต้านทานของถนนในการหาเส้นทางในการขนส่งสินค้า ผลการศึกษาพบว่าได้ระยะเวลาที่น้อย แต่มีระยะทางในการขนส่งมาก เนื่องจากความลาดชันมีผลต่อความเร็ว จึงส่งผลให้ใช้ระยะทางในการขนส่งมาก

7.3.1 แสดงระยะทางและเวลาสะสมของกลุ่มตำแหน่งจุดทางเลือก

ตารางที่ 2 แสดงระยะทางและเวลาสะสมของกลุ่มตำแหน่งจุดทางเลือก

ลำดับ	ประเภท (Point Alternative)	ระยะทางสะสม		เวลาสะสม	
		ระยะทาง (กม.)	เวลา (ชม.)	ระยะทาง (กม.)	เวลา (ชม.)
1	จุดกึ่งกลางที่คำนวณจากพิกัดภูมิศาสตร์ของจุดตัวแทนอำเภอ	44,018	592	44,512	574
2	จุดกึ่งกลางที่คำนวณจากพิกัดภูมิศาสตร์ที่ถูกให้น้ำหนักจากจำนวนร้านสะดวกซื้อในแต่ละจุดตัวแทนอำเภอ	44,305	593	44,782	575
3	คลังกระจายสินค้าเดิม	46,765	621	47,291	604
4	จุดที่ได้จากการวิเคราะห์ตำแหน่งและการจัดสรร	43,932	589	44,143	571

จากตารางที่ 2 ผลการศึกษาพบว่าระยะทางและเวลาในการขนส่งต่อรอบของทุกๆจุดที่ตั้งทางเลือก ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนว่าคลังกระจายสินค้าที่ได้จากฟังชั่น (Location-Allocation) ใช้ระยะทางและเวลาในการขนส่งน้อยกว่าทุกๆจุดทางเลือก

ดังนั้นจุดทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดที่จะตั้งเป็นคลังกระจายสินค้า คือ จุดที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยฟังชั่น Location-Allocation และตำแหน่งที่มีศักยภาพที่สุดตั้งอยู่ในพื้นที่ ต.หนองจิก อ.บรบือ จ.มหาสารคาม

8.วิจารณ์ผลการศึกษา

การนำ Slope มาใช้ในการคำนวณระยะทาง เนื่องจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบสูง จึงได้นำค่าความลาดชัน (Slope)มาใช้ในการคำนวณระยะทาง (Length) และเวลา (Time) เพื่อให้ได้ข้อมูลของการขนส่งในแต่ล่ะรอบที่ถูกต้องและแม่นยำ

การกำหนดจุดทางเลือกที่จะใช้ในการเลือกที่ตั้งคลังสินค้าวิเคราะห์หาพื้นที่ตั้งทางเลือกของคลังสินค้าโดยให้ค่าน้ำหนักของความต้องการของสินค้าโดยกำหนดเป็นชุดของจุดทางเลือก ที่มีระยะห่างกันทุกๆ 10 กิโลเมตรเพื่อใช้เป็นจุดทางเลือกในการเลือกที่ตั้งเป็นคลังสินค้า ทั้งนี้จุดเหล่านี้จะต้องถูกนำมาแข่งขันร่วมกับการวิเคราะห์ด้วย

การประยุกต์ใช้ฟังชั่นในการวิเคราะห์หาตำแหน่งและหาการจัดสรร ฟังก์ชัน Location-Allocation ใช้สำหรับวิเคราะห์การจัดสรรตำแหน่งศักยภาพของศูนย์กระจายสินค้าทางเลือก เพื่อจัดสรรตำแหน่งให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการกระจายสินค้า ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ได้ตำแหน่งที่ดีที่สุดที่ให้ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ทั้งด้านระยะทาง และเวลา

9. ข้อเสนอแนะ

การกำหนดระยะห่างของจุดทางเลือกในการศึกษาครั้งต่อไป ควรกำหนดให้มีระยะห่างที่น้อยกว่าการศึกษาในครั้งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ศึกษาด้วยเพราะว่าถ้ากำหนดจุดระยะห่างน้อยลงจะทำให้มีจุดแข่งขันมากเพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อการประมวลผล

เอกสารอ้างอิง

จินตนา แซ่ฉั่ว (2554).**การศึกษาหาทำเลที่ตั้งและจำนวนศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมกรณีศึกษาบริษัท ยัมเรส - เทอรองตส์ อินเตอร์เนชั่นแนล (ประเทศไทย) จำกัด,**สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.สืบค้นจาก:http://eprints.utcc.ac.th/278/2/278abstract.pdf, สืบค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2557

ทฤษฎีการวิเคราะห์เลือกที่ตั้งคลังสินค้า.สืบค้นจาก:http://www.logisticscorner.com/index.php?option, สืบค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2557

นาวี เจี่ยดำรง (2550).**โครงการการบริหารจัดการโกดังสินค้าและคลังกระจายสินค้าสำหรับอุตสาหกรรมน้ำตาล, สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.**สืบค้นจาก:http://www2.kmutt.ac.th/news/getfile.aspx?f=OPGWWlk1bZ.pdf,สืบค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2557

นิกร ศิริวงศ์ไพศาล (2553).**โครงการการศักยภาพของตลาดหัวอิฐต่อการเป็นศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้าเกษตรของภาคใต้**,สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).สืบค้นจาก:http://elibrary.trf.or.th/project content.asp?PJID=RDG5050032,สืบค้นเมื่อ 26 สิงหาคม 2557

โสภณ เมืองชู และคณะ (2556).**โครงการการศึกษาความเป็นไปได้ในการตั้งศูนย์กระจายยาและเวชภัณฑ์กลางของโรงพยาบาลภาครัฐ**, สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ(วช.)และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สวก.).สืบค้นจากhttp://loghealth.mahidol.ac.th/file/file-7-13-2015-1-33-02-PM.pdf,สืบค้นเมื่อ 26 สิงหาคม 2557

โลจิสติกส์.สืบค้นจาก:http://clublogisticskrirk.blogspot.com/2013/01/blog-post_8607.html. สืบค้นเมื่อ 22 สิงหาคม 2557

Network Optimization (Dijkstra's algorithm).สืบค้นจาก:http://www.vcharkarn.com/varticle/1124 สืบค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2557

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการแบ่งเขตพื้นที่ปลูกอ้อย สำหรับโรงงานน้ำตาล จังหวัดอุดรธานี

GIS Applications for Sugarcane Zoning in UdonThani Province

สมฤทัย สุขเกษม และ รัศมี สุวรรณวีระกำธร

Somruethai Sukkasem and Rasamee Suwanwerakamtorn

ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

123 ถ.มิตรภาพ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002

โทรศัพท์ 0-4336-2188-90 ต่อ 101-103 โทรสาร 0-4334-2910 e-mail:s.somruethai@kkumail.com

บทคัดย่อ

ระบบการขนส่งของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายในประเทศไทยประสบปัญหาค่าใช้จ่ายในการขนส่งอ้อยค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายด้านอื่นๆ ซึ่งหากมีการวางแผนเพื่อการขนส่งอ้อยที่เหมาะสมกับที่ตั้งของโรงงานและพื้นที่เพาะปลูกรวมถึงการจัดสรรอ้อยให้เหมาะสมกับความต้องการของโรงงานก็จะช่วยลดต้นทุนการผลิตด้านการขนส่ง การศึกษาครั้งนี้เป็นการประยุกต์ใช้วิทยาการด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ในการวิเคราะห์หาเส้นทางที่สั้นที่สุดเพื่อขนส่งอ้อยจากแปลงเพาะปลูกเข้าสู่โรงงานน้ำตาลและแบ่งเขตพื้นที่ปลูกอ้อยที่ส่งผลผลิตเข้าสู่โรงงานน้ำตาลในพื้นที่ศึกษาจังหวัดอุดรธานี การแบ่งเขตพื้นที่ปลูกอ้อยสำหรับโรงงานน้ำตาล 4 โรงงานที่ตั้งอยู่ในจังหวัดอุดรธานี ใช้วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดจากแปลงเพาะปลูกอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาลที่อยู่ใกล้ที่สุดด้วยเครื่องมือ Network Analyst ในโปรแกรม ArcGIS เลือกวิธี Closest Facility โดยกำหนดให้โรงงานน้ำตาลเป็น Facilities และจุดแปลงเพาะปลูกอ้อยเป็น Incidents ผลการศึกษาได้ชั้นข้อมูลเส้นทางที่ใกล้ที่สุดจากแปลงอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาล ตารางแสดงระยะทางและเวลาและแผนที่เขตพื้นที่ปลูกอ้อยที่ส่งผลผลิตเข้าสู่โรงงานน้ำตาล ซึ่งโรงงานน้ำตาลเกษตรผล มีเขตพื้นที่ปลูกอ้อยมากที่สุด รองลงมาคือโรงงานน้ำตาลกุมภวาปี โรงงานน้ำตาลทรายขาวเริ่มอุดมและโรงงานน้ำตาลไทยอุดรมีเขตพื้นที่ปลูกอ้อยน้อยที่สุด เป็นเนื้อที่ 304.521, 276.599, 205.314 และ 185.425ตารางกิโลเมตร จำนวน10,791, 10,014, 6,852 และ 6,103 แปลง คิดเป็นร้อยละ31.33,28.46, 21.13 และ 19.08 ของพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมด ซึ่งมีระยะทางเฉลี่ย 29.79, 27.24, 35.34 และ 45.79 กิโลเมตร ใช้เวลาในการเดินทางเฉลี่ย44, 40, 53 และ 68 นาที ตามลำดับ

คำสำคัญ:การแบ่งเขตพื้นที่ปลูกอ้อย, สารสนเทศภูมิศาสตร์, วิเคราะห์หาเส้นทางที่สั้นที่สุด, การขนส่งอ้อย

ABSTRACT

The sugarcane industry is facing a problem with relatively high cost of sugarcane transportation. Therefore, it is crucial to plan the transportation system by taking the locations of sugar factories and sugarcane fields, and also production rate of each factory into account. This study utilized combined applications of Geographic Information System (GIS) to calculate for shortest routes between sugarcane factories and sugarcane fields. A map showing the most efficient transportation route from each sugarcane field to the nearest sugar factory was then created using Network Analyst tool in ArcGIS with Closest Facility method. Four sugar factories in UdonThani province were selected as sample Facilities while centroid of each sugarcane fields throughout the province was used as Incident points. Results of this study are a route layer with an attribute table showing distance and travelling time and a zoning layer of sugarcane field grouped by designated sugar factory. The result shows that Kasetphol sugar factory has the largest corresponding

sugar field area, followed by Kumphawapi sugar factory, Rerm-Udom sugar factory and Thai-Udon sugar factory with total corresponding sugar field area of 304.521, 276.599, 205.314 and 185.425square Kilometers from 10,791, 10,014, 6,852 and 6,103plots which account to 31.33%,28.46%, 21.13% and 19.08% of all sugar field area. They had average distance were29.79, 27.24, 35.34 and 45.79 kilometers, used average time were44, 40, 53 and 68 minutes respectively.

Keywords: Sugarcane Zoning, Network Analyst, GIS, Sugarcane Transportation

1.บทนำ

อุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลทรายจากอ้อยของประเทศไทย ได้รับการพัฒนาจนกลายเป็นอุตสาหกรรมเกษตรขนาดใหญ่และสามารถทำรายได้จากการส่งออกน้ำตาลทรายเป็นมูลค่าหลายหมื่นล้านบาทในแต่ละปี ทำให้ประเทศไทยกลายเป็นผู้ผลิตที่สำคัญอันดับโลก ที่ผ่านมาในปี 2555/56 ปริมาณอ้อยที่ส่งเข้าโรงงานน้ำตาลในประเทศมีปริมาณ 100.002 ล้านตัน นับว่าเป็นจำนวนมากซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี 2551/52 33.539 ล้านตัน หรือร้อยละ 33.54 และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกปี (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2555) และในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณการขนส่งอ้อยเข้าโรงงานน้ำตาลเป็นอันดับ 1 ของประเทศ มีปริมาณอ้อยส่งโรงงาน 40.219 ล้านตัน (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2556) มีโรงงานน้ำตาลถึง 16 แห่งจากโรงงานทั้งหมดในประเทศ 47 แห่งนับว่าการเพาะปลูกอ้อยของเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีความสำคัญต่อประเทศเป็นอย่างยิ่ง

ปัญหาระบบการขนส่งของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลในประเทศไทยพบว่าค่าใช้จ่ายในการขนส่งอ้อยค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายด้านอื่นๆและมีแนวโน้มที่สูงขึ้นเรื่อยๆเนื่องจากปัจจัยหลายๆด้านอาทิเช่นราคาน้ำมันที่เพิ่มขึ้นเส้นทางการขนส่งที่ไกลมาก นอกจากนี้ปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งคือช่วงกลางฤดูของการเก็บเกี่ยวของอ้อยเกษตรกรจะเก็บเกี่ยวผลผลิตเป็นจำนวนมากทำให้ปริมาณอ้อยที่เข้าสู่โรงงานน้ำตาลมีปริมาณมาก ส่งผลให้เกิดปัญหาจราจรและการขนส่งล่าช้า การรอคิวขนอ้อยเข้าหีบโรงงานน้ำตาลที่นาน ทำให้ต้นทุนค่าขนส่งเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นภาระค่าใช้จ่ายของเกษตรกรจึงมีความจำเป็นที่จะมีการศึกษาถึงวิธีการลดต้นทุนในการขนส่งอ้อยเพื่อเพิ่มผลกำไรให้กับเกษตรกร

การขนส่งอ้อยข้ามเขต มีสาเหตุมาจากการจดทะเบียนชาวไร่อ้อยไม่สอดคล้องกับข้อเท็จจริงและเกษตรกรมีหนี้สินกับโรงงานน้ำตาลที่อยู่ในเขต เมื่อถึงช่วงที่มีการเปิดหีบ โรงงานน้ำตาลมักจะแข่งขันในการรับซื้ออ้อยด้วยการเสนอขอซื้ออ้อยในราคาที่สูงขึ้นทำให้เกิดปัญหาในระบบการแบ่งปันผลประโยชน์ หากมีการวางแผนเพื่อการขนส่งอ้อยที่เหมาะสมกับที่ตั้งของโรงงานและพื้นที่เพาะปลูกรวมถึงการจัดสรรอ้อยให้เหมาะสมกับความต้องการของโรงงานก็จะช่วยลดต้นทุนการผลิตด้านการขนส่ง

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลโครงข่ายเชิงพื้นที่ (Network Analyst) ตัวอย่างเช่น การค้นหาสาธารณูปโภคที่อยู่ใกล้ที่สุด วิเคราะห์หาเส้นทางที่ดีที่สุด (สุเพชร,2555) การนำเครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูลโครงข่ายมาใช้ในระบบจัดการขนส่งอ้อยจะมีส่วนสำคัญในการช่วยวางแผนเส้นทางการขนส่งอ้อยจากแปลงเพาะปลูกไปยังโรงงานน้ำตาลเพื่อให้ได้เส้นทางที่สั้นที่สุด แผนที่การแบ่งเขตพื้นที่ปลูกอ้อยจะช่วยให้เกษตรกรเลือกโรงงานน้ำตาลที่เหมาะสมในการส่งอ้อยเข้าหีบได้เป็นอย่างดี ช่วยลดปัญหาด้านการแข่งขันรับซื้ออ้อยของโรงงานน้ำตาล ช่วยเกษตรกรในด้านการประหยัดพลังงานและลดต้นทุนค่าขนส่ง

2.วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อวิเคราะห์หาเส้นทางที่สั้นที่สุดในการขนส่งอ้อยจากแปลงเพาะปลูกเข้าสู่โรงงานน้ำตาล

2.2 เพื่อแบ่งเขตพื้นที่ปลูกอ้อยที่ส่งผลผลิตเข้าสู่โรงงานน้ำตาล

3. วิธีการวิจัย

การแบ่งเขตพื้นที่ปลูกอ้อยสำหรับโรงงานน้ำตาลต้องหาเส้นทางที่สั้นที่สุดในการขนส่งอ้อยโดยเริ่มจากจุดกึ่งกลางแปลงอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาลก่อน ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้เครื่องมือ Network Analyst บนโปรแกรม ArcGIS โดยเลือกวิธี Closest Facility ซึ่งเป็นการวิเคราะห์หาสิ่งอำนวยความสะดวกที่ใกล้ที่สุด (สุเพชร, 2552) โดยการจำลองให้โรงงานน้ำตาลเป็นสิ่งอำนวยความสะดวกที่ใกล้ที่สุด และจุดแปลงเพาะปลูกอ้อยเป็นเหตุการณ์ที่จะวิ่งไปหาโรงงานน้ำตาล โปรแกรมจะคำนวณหาเส้นถนนที่ใกล้ที่สุดแต่ละเส้นซึ่งจะพิจารณาจุดกลับรถ (U-Turn) ร่วมด้วยแล้วสร้าง Routes แสดงเส้นทางแล้วสรุประยะทางและเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากจุดกึ่งกลางแปลงอ้อยแต่ละแปลงไปยังโรงงานน้ำตาลที่อยู่ใกล้ที่สุด

3.1 พื้นที่ศึกษา

จังหวัดอุดรธานีตั้งอยู่บนที่ราบสูงภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ตั้งอยู่ระหว่างละติจูดที่ 17 องศา 13 ลิปดาเหนือ ถึง 18 องศา 10 ลิปดาเหนือ และลองจิจูด 102 องศา 00ลิปดาตะวันออก ถึง 103 องศา 30 ลิปดาตะวันออก อยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีพื้นที่ทั้งหมด 11,730.302 ตารางกิโลเมตร หน่วยการปกครองแบ่งออกเป็น 20 อำเภอ 156 ตำบล 1,880 หมู่บ้าน ดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 แสดงพื้นที่ศึกษาจังหวัดอุดรธานี

3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

ข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์มีทั้งข้อมูลที่สามารถดาวน์โหลดจากแหล่งข้อมูลฟรี เช่น ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม และมีบางข้อมูลที่ได้รับความอนุเคราะห์จากหน่วยงานต่างๆ เช่น ข้อมูลพื้นที่ปลูกอ้อย ที่ตั้งโรงงานน้ำตาล ข้อมูลถนน ขอบเขตการปกครอง เป็นต้น ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ลำดับ	ข้อมูล	ปี พ.ศ.	แหล่งที่มา
1.	ชั้นข้อมูลที่ตั้งโรงงานน้ำตาล ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	2556	สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย
2.	ชั้นข้อมูลพื้นที่ปลูกอ้อย จังหวัดอุดรธานี	2556	สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย
3.	ชั้นข้อมูลถนน	2555	ศูนย์ภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
4.	ขอบเขตการปกครอง	2555	ศูนย์ภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
5.	ภาพถ่ายดาวเทียม (Worldview) บริเวณพื้นที่จังหวัดอุดรธานี	2556	ดาวน์โหลดจากแหล่งข้อมูลBing Maps

3.3 การเตรียมข้อมูล

3.3.1 ชั้นข้อมูลถนน ทำการอัพเดตชั้นข้อมูลถนนให้เป็นปัจจุบันโดยการลากเส้นถนนเพิ่มเติมจากภาพถ่ายดาวเทียมWorldview

3.3.2 ชั้นข้อมูลที่ตั้งโรงงานน้ำตาล ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เลือกเฉพาะโรงงานน้ำตาลที่ตั้งอยู่ในจังหวัดอุดรธานี ซึ่งมีทั้งหมด 4 โรงงานได้แก่ โรงงานน้ำตาลเกษตรผล โรงงานน้ำตาลกุมภวาปี โรงงานน้ำตาลทรายขาวเริ่มอุดม และโรงงานน้ำตาลไทยอุดร

3.3.3 ชั้นข้อมูลพื้นที่ปลูกอ้อย จังหวัดอุดรธานี ทำการสร้างจุดกึ่งกลางแปลงด้วยโปรแกรม QGIS ฟังก์ชัน Polygon centroids

3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์

3.4.1 การจัดทำชั้นข้อมูลโครงข่ายถนน

จัดเก็บชั้นข้อมูลถนนให้อยู่ในรูปแบบ File Geodatabase และทำการสร้าง Network Dataset

3.4.2 การจัดทำชั้นข้อมูลจุดกลับรถ (U-Turn)

สร้างทิศทางการกลับรถโดยอาศัยชั้นข้อมูลถนนและภาพถ่ายดาวเทียม Worldview

3.4.3 การหาเส้นทางที่สั้นที่สุด

ใช้วิธี Closest Facility โดยกำหนดให้โรงงานน้ำตาลเป็น Facilities และจุดแปลงอ้อยเป็น Incidents ซึ่งได้กำหนดปัจจัยด้านเวลาที่รถขนอ้อยวิ่งคือ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

3.4.4การแบ่งเขตพื้นที่ปลูกอ้อย

จากขั้นตอนที่ 3.4.3 ภายหลังจากการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดในการขนส่งอ้อยแล้ว จะได้เขตของแปลงเพาะปลูกอ้อยแต่ละโรงงานด้วย ทำการส่งออกชั้นข้อมูล จัดเก็บไว้ในรูปแบบ Shapefile และจัดทำแผนที่

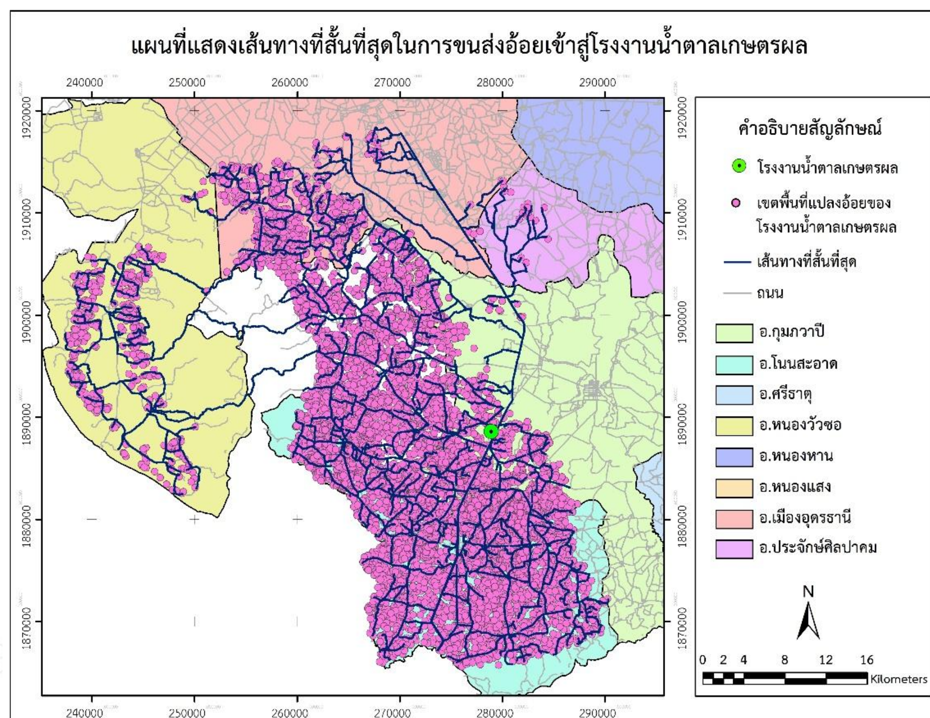
4. ผลการวิจัย

การแบ่งเขตพื้นที่ปลูกอ้อยที่ส่งผลผลิตเข้าสู่โรงงานน้ำตาลพบว่า ได้ระยะทางที่สั้นที่สุดและระยะเวลาในการขนส่งอ้อยจากแปลงเพาะปลูกไปยังโรงงานน้ำตาลแสดงดังตารางที่2และภาพที่ 2, 3, 4, 5, 6ซึ่งโรงงานน้ำตาล เกษตรผลมีเขตแปลงเพาะปลูกอ้อย 10791 แปลง เป็นเนื้อที่ 304.521ตร.กม. อยู่ใน 6 อำเภอ ได้แก่ อ.เมืองอุดรธานี, อ.หนองวัวซอ,อ.กุมภาวาปี,อ.โนนสะอาด, อ.หนองแสง และ อ.ประจักษ์ศิลปาคมจำนวน707, 409, 1466, 6069,2105และ 35 แปลง ตามลำดับโรงงานน้ำตาลกุมภวาปี มี10014แปลง เป็นเนื้อที่276.599ตร.กม. อยู่ใน 8 อำเภอ ได้แก่ อ.กุมภวาปี,อ.โนนสะอาด, อ.หนองหาน, อ.ไชยวาน,อ.ศรีธาตุ,อ.วังสามหมอ,อ.กู่แก้ว และ อ.ประจักษ์ศิลปาคมจำนวน 1332,96,36,37,3725,3020,1687 และ 81 แปลง ตามลำดับ โรงงานน้ำตาลทรายขาวเริ่มอุดมมี6852แปลง เป็นเนื้อที่205.314ตร.กม.อยู่ใน 11 อำเภอ ได้แก่ อ.พิบูลย์รักษ์, อ.เมืองอุดรธานี,อ.กู่แก้ว,อ.หนองหาน,อ.ทุ่งฝน,อ.ไชยวาน,อ.ศรีธาตุ,อ.วังสามหมอ, อ.บ้านดุง,อ.เพ็ญและ อ.สร้างคอมจำนวน 161, 4, 37, 869, 123,2153,660,1901,908,22 และ 14 แปลงตามลำดับ โรงงานน้ำตาลไทยอุดรมี 6103 แปลง เป็นเนื้อที่185.425ตร.กม.อยู่ใน 8 อำเภอ ได้แก่ อ.เมืองอุดรธานี, อ.กุดจับ, อ.หนองวัวซอ, อ.บ้านผือ, อ.น้ำโสม, อ.เพ็ญ, อ.สร้างคอมและอ.นายูงจำนวน 511, 1217,285,3261,671,123, 4 และ 31 แปลงตามลำดับ

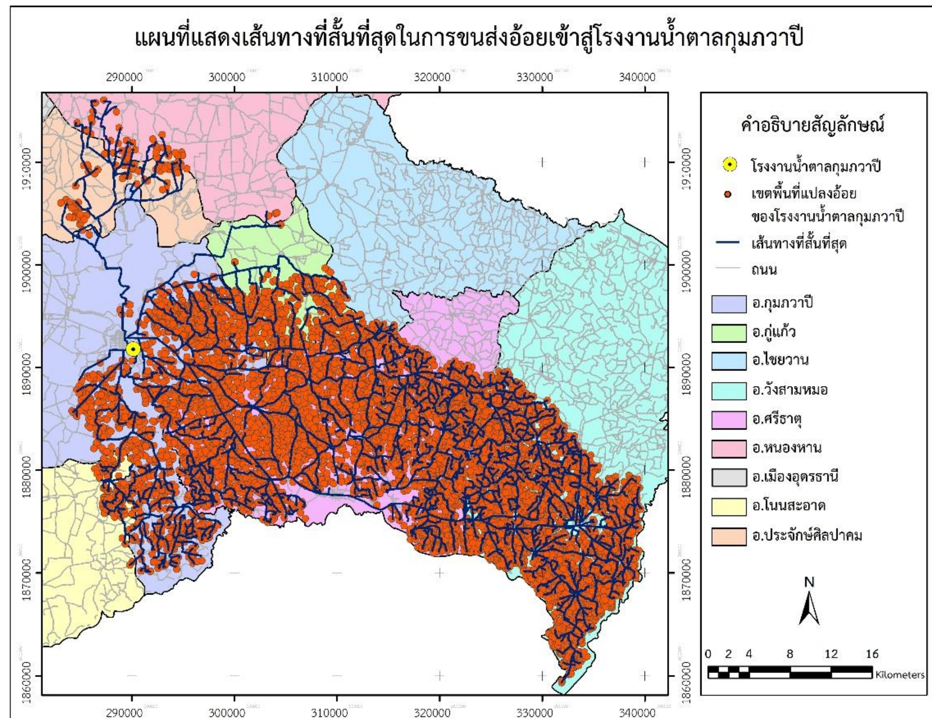
ตารางที่ 2แสดงผลของการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดในการขนส่งอ้อยจากแปลงเพาะปลูกไปยังโรงงานน้ำตาลและจำนวนเขตเพาะปลูกอ้อยของแต่ละโรงงาน

โรงงานน้ำตาล	อำเภอ	จำนวนแปลงอ้อย	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	ระยะทางเฉลี่ย (กิโลเมตร)	เวลาเฉลี่ย (นาที)
เกษตรผล	เมืองอุดรธานี	707	23.671	39.05	58
	หนองวัวซอ	409	14.313	58.39	87
	กุมภวาปี	1466	40.453	12.85	19
	โนนสะอาด	6069	153.233	19.70	29
	หนองแสง	2105	71.576	23.17	34
	ประจักษ์ศิลปาคม	35	1.274	25.55	38
	รวม	**10791**	**304.521**	-	
กุมภวาปี	กุมภวาปี	1332	42.726	12.83	19
	โนนสะอาด	96	4.973	18.23	27
	หนองหาน	36	1.538	27.19	40
	ไชยวาน	37	1.119	29.90	44
	ศรีธาตุ	3725	118.937	31.11	46
	วังสามหมอ	3020	85.404	53.70	80
	กู่แก้ว	1687	18.275	20.89	31
	ประจักษ์ศิลปาคม	81	3.628	24.05	36
	รวม	**10014**	**276.599**		
ทรายขาวเริ่มอุดม	พิบูลย์รักษ์	161	6.035	35.43	53
	เมืองอุดรธานี	4	0.140	37.63	56
	กู่แก้ว	37	0.576	20.74	31
	หนองหาน	869	29.072	19.82	29
	ทุ่งฝน	123	3.105	20.66	31
	ไชยวาน	2153	53.098	25.54	38

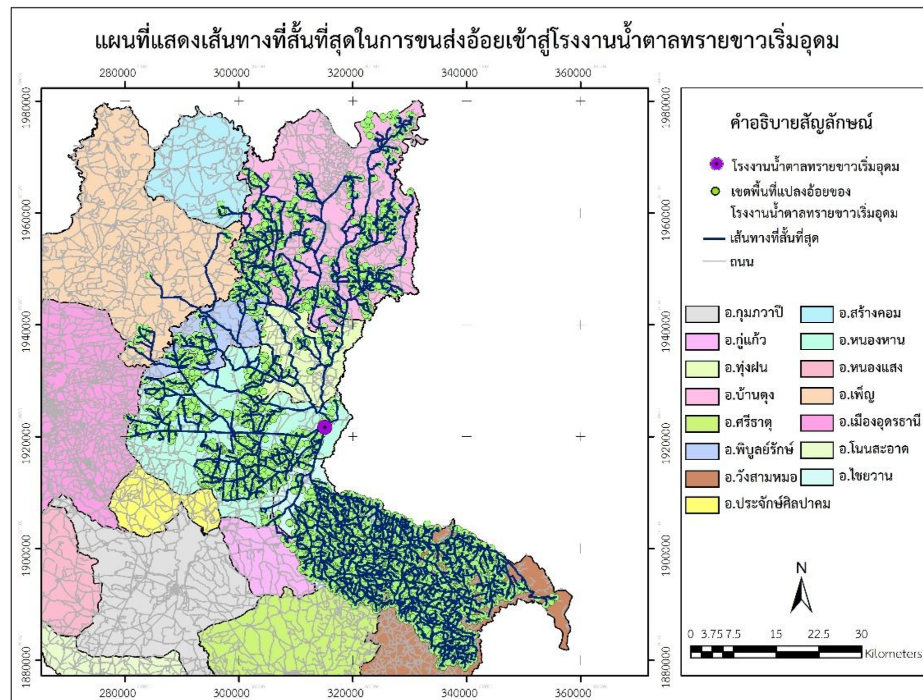
	ศรีธาตุ	660	21.695	35.38	53
	วังสามหมอ	1901	60.816	48.55	72
	บ้านดุง	908	29.302	42.57	63
	เพ็ญ	22	1.112	45.97	68
	สร้างคอม	14	0.363	56.43	84
	รวม	**6852**	**205.314**	-	
ไทยอุดร	เมืองอุดรธานี	511	18.056	38.37	57
	กุดจับ	1217	39.899	29.23	43
	หนองวัวซอ	285	9.061	45.83	68
	บ้านผือ	3261	99.242	18.43	27
	น้ำโสม	671	13.814	58.37	87
	เพ็ญ	123	4.439	52.49	78
	สร้างคอม	4	0.119	59.03	88
	นายูง	31	0.794	64.55	96
	รวม	**6103**	**185.425**	-	



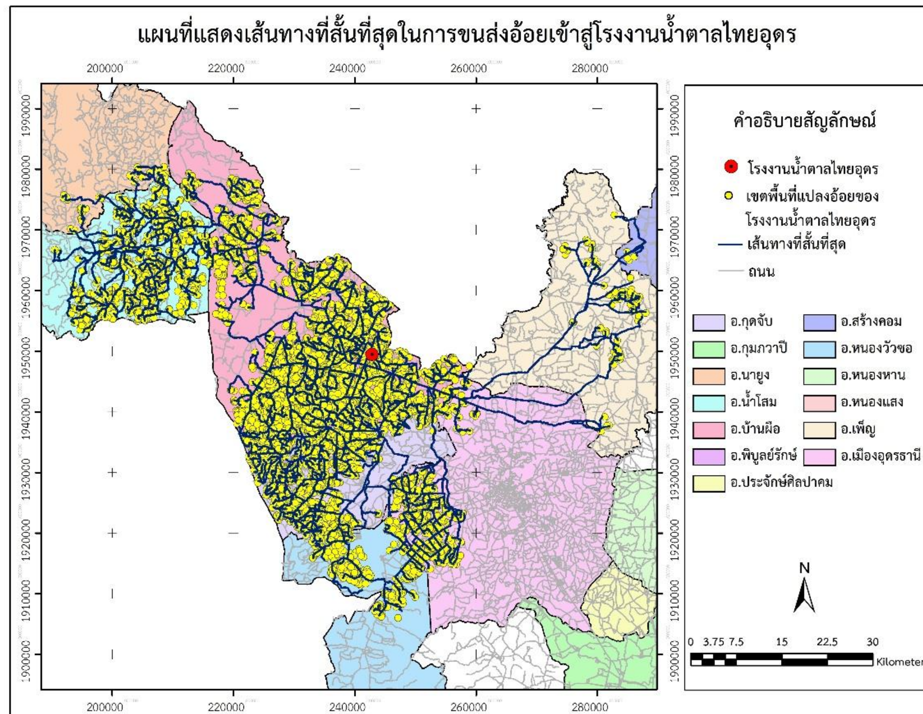
ภาพที่ 2 แผนที่แสดงเส้นทางที่สั้นที่สุดในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลเกษตรผล



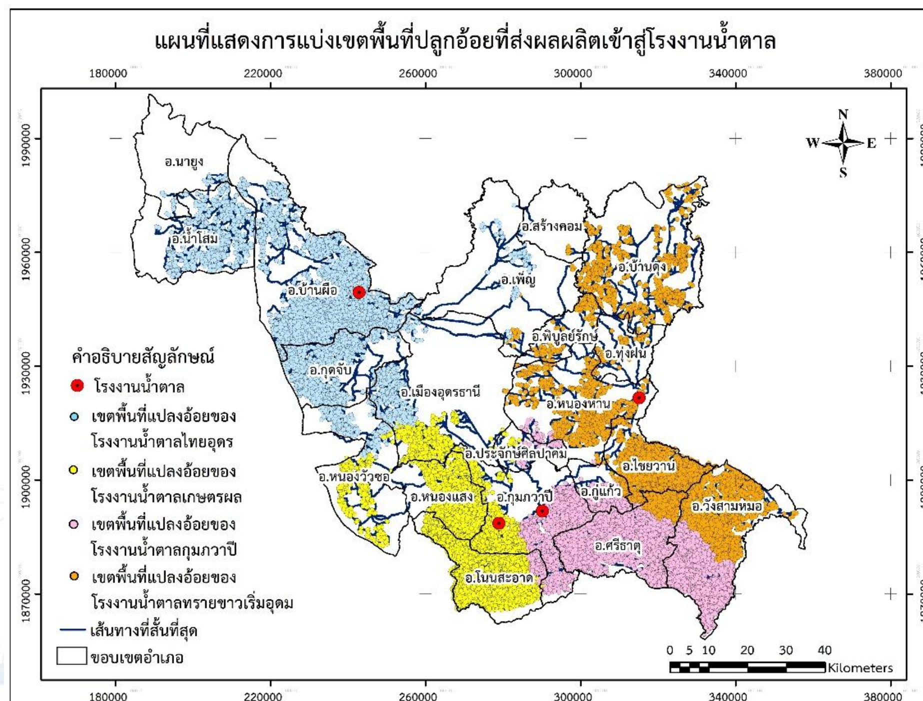
ภาพที่ 3 แผนที่แสดงเส้นทางที่สั้นที่สุดในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลกุมภวาปี



ภาพที่ 4 แผนที่แสดงเส้นทางที่สั้นที่สุดในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลทรายขาวเริ่มอุดม



ภาพที่ 5 แผนที่แสดงเส้นทางที่สั้นที่สุดในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลไทยอุดร



ภาพที่ 6 แผนที่แสดงการแบ่งเขตพื้นที่ปลูกอ้อยที่ส่งผลผลิตเข้าสู่โรงงานน้ำตาล

5. วิจารณ์ผลและสรุปผล

การวิเคราะห์หาเส้นทางที่สั้นที่สุดในการขนส่งอ้อยจากแปลงเพาะปลูกไปยังโรงงานน้ำตาลด้วยวิธี Closest Facility โดยกำหนดให้จุดแปลงอ้อยเป็นFacilities และโรงงานน้ำตาลเป็น Incidents ผลการศึกษาได้เส้นทางที่สั้นที่สุดจากแปลงเพาะปลูกอ้อยไปยังแต่ละโรงงานระยะทางที่ใกล้ที่สุดพบในอำเภอบ้านผือไปยังโรงงานน้ำตาลไทยอุดรเนื่องจากแปลงอ้อยนั้นอยู่ติดกับโรงงาน ส่วนระยะที่ไกลที่สุดคือ 76.4กม. พบในอำเภอน้ำโสมไปยังโรงงานน้ำตาลไทยอุดร ใช้เวลา 1.47ชม. ซึ่งอยู่ในระดับที่เหมาะสมคือไม่ไกลมากเกินไปและใช้เวลาในการเดินทางไม่มากนัก

การแบ่งเขตพื้นที่ปลูกอ้อยสำหรับโรงงานน้ำตาลพบว่า โรงงานน้ำตาลที่มีเขตพื้นที่ปลูกอ้อยมากที่สุดคือโรงงานน้ำตาลเกษตรผล มีเนื้อที่ 304.521ตร.กม. จำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อย10791แปลง อยู่ใน 6อำเภอ รองลงมาคือโรงงานน้ำตาลกุมภวาปี276.599ตร.กม.10014 แปลง อยู่ใน 8อำเภอ โรงงานน้ำตาลทรายขาวเริ่มอุดม205.314ตร.กม. 6852แปลง อยู่ใน 11 อำเภอ และโรงงานน้ำตาลที่มีเขตพื้นที่ปลูกอ้อยน้อยที่สุดคือโรงงานน้ำตาลไทยอุดรมีพื้นที่ 185.425ตร.กม. จำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อย6103 แปลง พบอยู่ใน 8 อำเภอ

6. ข้อเสนอแนะ

การหาเส้นทางที่สั้นที่สุดในการขนส่งอ้อยจากแปลงเพาะปลูกไปยังโรงงานน้ำตาลควรจะเพิ่มพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์ เช่น ระยะเวลารถวิ่งบนถนนแต่ละประเภท ประเภทของรถขนอ้อย และความลาดชันของถนน เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2555). การพยากรณ์ผลผลิตการเกษตร ปีเพาะปลูก 2555/56.**วารสารการพยากรณ์ผลผลิตการเกษตร, 27**(3), 5-6.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2555).**รายงานพื้นที่ปลูกอ้อย ปีการผลิต 2555/56**.RetrievedAugust 13, 2556, from http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/923-2469.pdf

สุเพชร จิรขจรกุล. (2552). **เรียนรู้ระบบภูมิสารสนเทศด้วยโปรแกรม ArcGIS Desktop9.3.1**. นนทบุรี: บริษัท เอส.อาร์ พริ้นติ้งแมสโปรดักส์จำกัด.

การศึกษาปัจจัยทางกายภาพที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัย ในเขตคลองเตย กรุงเทพมหานครด้วยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ

The study of the physical risk of fire in Khlong Toei District of Bangkok Metropolis with Geoinformatic Technology.

กัมปนาท ศิริเรือง และ ปริญญา ฉายะพงษ์

Kampanart Sirireoung and Parinya Chayapong

กองกิจการอวกาศ กรมเทคโนโลยีสารสนเทศและอวกาศกลาโหม

127 อาคารสำนักงานปลัดกระทรวงกลาโหม (ศรีสมาน) ต. บ้านใหม่ อ. ปากเกร็ด จ. นนทบุรี 11120

โทรศัพท์ 02-501-6970 โทรสาร 02-501-6970

e-mail : kumpanat_eb@yahoo.com, parinya280709@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยทางกายภาพที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัย และเพื่อจำแนกพื้นที่เสี่ยงอันตรายจากอัคคีภัยในเขตพื้นที่คลองเขต กรุงเทพมหานครโดยใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ โดยวิธีการวิจัยจะใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ความหนาแน่นของสิ่งปลูกสร้าง ความแคบกว้างของถนน แหล่งที่ตั้งและระยะห่างจากสถานีดับเพลิง การกระจายตัวของท่อดับเพลิง และการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องกับงานอัคคีภัย โดยใช้เทคนิคการซ้อนทับข้อมูล (Overlay) และกำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก (Weighting) ของแต่ละปัจจัยในการจำแนกพื้นที่เสี่ยงอัคคีภัย ผลการศึกษาพบว่าเขตคลองเตยมีพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัย 5 ระดับ คือ พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยมากที่สุด มีพื้นที่ 0.35 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 2.79 ของพื้นที่ทั้งหมด จะอยู่บริเวณชุมชนสลัมและแหล่งที่อยู่อาศัยหนาแน่น มีถนนแคบ พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยมาก มีพื้นที่ 4.65 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 36.34 ของพื้นที่ทั้งหมด จะอยู่บริเวณแหล่งที่อยู่อาศัยหนาแน่น อาคารพาณิชย์ ตึกสูง พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยปานกลาง มีพื้นที่ 1.97 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 15.47 ของพื้นที่ทั้งหมด จะอยู่บริเวณแหล่งที่อยู่อาศัยที่มีความหนาแน่นปานกลาง สถานที่ราชการ พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยน้อย มีพื้นที่ 2.17 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 16.98 ของพื้นที่ทั้งหมด จะอยู่บริเวณท่าเรือคลองเตย ลานกว้าง ถนน พื้นที่ไม่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยมีพื้นที่ 3.63 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 28.42 ของพื้นที่ทั้งหมด จะอยู่บริเวณสนามกีฬา พื้นที่ว่างเปล่า แม่น้ำ สรุปได้ว่าพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยมากที่สุดเป็นชุมชนสลัมและแหล่งที่อยู่อาศัยหนาแน่น มีความกว้างถนนแคบในการเข้าถึงยากแก่การดับเพลิง

คำสำคัญ : อัคคีภัย ไฟไหม้ ปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดไฟไหม้ เขตคลองเตย เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ

ABSTRACT

This article aims to study physical factors that can be the risk of fire and to identify the risk of fire areas in Bangkok canals by using Geoinformatic Technology. The research method uses in this study are information analysis (land use, construction density, street width, location and distance from fire station, and distribution of fire extinguishers), and interview from government experts in the field of fire prevention. In addition, overlay and weighting technique are used to identify factors of the dangerous areas. The finding shows that Khlong Toei District has a five-level of dangerous areas which can be revealed from the most to the least dangerous areas as follows: Slums and Ghettoes with narrow streets (0.35 square kilometers = 2.79%), Commercial buildings and high buildings area (4.65 sq.km. =

36.34%), Government office area (1.97 sq.km. = 15.47%), Pier and wide streets (2.17 sq.km. = 16.98%), and Sport grounds, free space and river (3.63 sq.km. = 28.42%), respectively. In the summary, the most dangerous area of fire risk is Slums and Ghettoes with narrow streets which difficult to extinguish the fire.

Keywords: Conflagration, Fire, Factors of Fire risk, Khlong Toei District, Geoinformatic Technology

1. บทนำ

อัคคีภัยเป็นสาธารณภัยที่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่ชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนอย่างสูงโดยมีมูลค่าความเสียหายทั้งชีวิตและทรัพย์สินอันมีผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคมของประเทศมากมายอันเป็นสาธารณภัยที่มีผลกระทบลำดับต้นของประเทศดังหลักฐานทางสถิติการสรุปสถานการณ์อัคคีภัยของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ.2532-2552 (ตารางที่ 1) รวมระยะเวลาเฉพาะที่สำรวจความเสียหายได้ 21 ปี มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมดประมาณ 28,418 ล้านบาทเฉลี่ยความเสียหายประมาณปีละ 1,353 ล้านบาท อัคคีภัยโดยส่วนมากมีสาเหตุมาจากความประมาท ขาดความระมัดระวังหรือพลั้งเผลอ เช่น การเกิดไฟฟ้าลัดวงจร การลุกไหม้จากการระเบิด จากการปรุงอาหารหรือจากการลอบวางเพลิง รายงานด้านอัคคีภัยของฮ่องกงพบว่าประเภทสิ่งปลูกสร้างหรือสถานที่เกิดเพลิงไหม้สูงสุดเกิดในสถานที่ที่เป็นที่อยู่อาศัย เช่นเดียวกับประเทศสหรัฐอเมริกาที่เพลิงไหม้ส่วนใหญ่เกิดภายในบ้านเรือน สำหรับประเทศไทยการเก็บรายงานสถิติการเกิดเพลิงไหม้ไม่ได้แยกประเภท สิ่งปลูกสร้างและสาเหตุที่ทำให้เกิดอัคคีภัยไว้ชัดเจน แต่อย่างไรก็ตาม การเกิดเพลิงไหม้ได้ก่อให้เกิดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนเป็นจำนวนมาก

เขตคลองเตยมีพื้นที่ 12.994 ตารางกิโลเมตร เป็นพื้นที่เชื่อมต่อย่านธุรกิจเป็นพื้นที่ผสมผสานมีความหลากหลายทางสังคม มีประชากร 107,221 คน (พ.ศ. 2557) ย่านชุมชนซึ่งส่วนใหญ่เป็นผู้มีรายได้น้อย รวมเป็นชุมชน ทั้งสิ้น 44 ชุมชน มีครัวเรือนประมาณ 21,500 ครัวเรือน (คิดเป็น 65 % ของประชากร ในเขตคลองเตย) บริเวณที่เป็นที่ดินของการท่าเรือคลองเตยมีเนื้อที่ 2,259 ไร่เศษ เป็นพื้นที่ชุมชนแออัด 400 ไร่ รวม 26 ชุมชน ประชาชนมากกว่า 70,000 คน ครัวเรือนมากกว่า 12,000 ครัวเรือน ชุมชนตั้งหนาแน่นอยู่ติดกันรวมเรียกว่า “ชุมชนแออัดคลองเตย” ซึ่งเป็นชุมชนแออัดที่ใหญ่ที่สุดของประเทศในปัจจุบันในอดีตที่ผ่านมาพบว่ามีการเกิดอัคคีภัยในเขตคลองเตยหลายครั้ง กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยได้ดำเนินการจัดทำแผนแม่บทพัฒนาความปลอดภัยด้านอัคคีภัยแห่งชาติ (กันยายน 2550) สาเหตุสำคัญของการเกิดอัคคีภัยแต่ละครั้งเกิดจากการกระทำของมนุษย์ (สมชัย จันทร์ประทีป, 2551) โดยมีปัจจัยร่วมที่ก่อให้เกิดความรุนแรงหลายปัจจัย เช่น ความแออัดหนาแน่นและโครงสร้างวัสดุของอาคารที่มีความอ่อนแอ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ความห่างไกลจากแหล่งที่ตั้งสถานีดับเพลิง แหล่งน้ำดับเพลิง การเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุของหน่วยดับเพลิง ร่วมถึงปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ ทั้งนี้สามารถนำปัจจัยต่าง ๆ มาซ้อนทับ (Overlay) และกำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก (Weighting) โดยโปรแกรมประยุกต์ทางภูมิสารสนเทศได้เพื่อใช้ในการจำแนกพื้นที่เสี่ยงอัคคีภัยในแต่ละระดับความรุนแรง

ดังนั้นการจัดทำแผนที่แสดงพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยในเขตคลองเตยจะให้ประโยชน์แก่ประชาชนได้รับรู้ถึงบริเวณพื้นที่เสี่ยงอันตรายจากอัคคีภัยล่วงหน้าและสามารถช่วยให้เจ้าหน้าที่หน่วยงานของรัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับงานอัคคีภัยสามารถวางแผนป้องกันและควบคุมบริเวณพื้นที่เสี่ยงอันตรายให้มีความปลอดภัยสูงขึ้น และเพื่อลดการสูญเสียชีวิตทรัพย์สินอันเกิดจากอัคคีภัยให้ลดน้อยลง

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลสถิติการเกิดเพลิงไหม้ในประเทศไทยและกรุงเทพมหานครระหว่างปี พ.ศ.2535-2547

ปี พ.ศ.	จำนวนที่เกิด (ครั้ง)			กทม.	มูลค่าความเสียหาย (ล้านบาท)			กทม.
	ทั่วประเทศ	กรุงเทพฯ	รวม	(ร้อยละ)	ทั่วประเทศ	กรุงเทพฯ	รวม	(ร้อยละ)
2535	2,980	790	3,770	20.95	1,094.209	181.304	1,275.513	14.21
2536	2,833	779	3,612	21.57	1,751.333	400.348	2,151.681	18.61
2537	2,629	664	3,293	20.16	711.231	230.068	941.299	24.44
2538	2,929	565	3,494	16.17	3,038.948	689.948	3,728.896	18.50
2539	3,622	664	4,286	15.49	2,528.397	1,109.992	3,638.389	30.51
2540	3,314	616	3,930	15.67	2,340.960	867.296	3,208.256	27.03
2541	3,252	514	3,766	13.65	2,347.612	279.358	2,626.970	10.63
2542	1,597	531	2,128	24.95	544.513	167.870	712.383	23.56
2543	1,814	402	2,216	18.14	722.589	289.828	1,012.417	28.63
2544	1,498	397	1,895	20.95	1,529.280	235.294	1,764.574	13.33
2545	1,135	404	1,539	26.25	805.815	238.919	1,044.734	22.87
2546	2,267	366	2,633	13.90	565.541	237.300	802.841	29.56
2547	1,727	565	2,292	24.65	487.024	228.456	715.480	31.93
รวม	**31,597**	**7,257**	**38,854**	**18.68**	**18,467.452**	**5,155.981**	**23,623.433**	**21.83**
เฉลี่ย	2,431	558	2,989		1,420.573	396.614	1,817.187	

ที่มา : ศูนย์ข้อมูลกรุงเทพมหานคร

ตารางที่ 2 จำนวนเพลิงไหม้ในกรุงเทพมหานคร จำแนกตามประเภทสิ่งที่ถูกเพลิงไหม้ พ.ศ.2541-2557

พ.ศ.	ประเภทของสิ่งที่ถูกเพลิงไหม้ (ครั้ง)																										
	ตึกแถว - ห้องแถวไม้	บ้านพักอาศัย	ชุมชนแออัด	โรงงานอุตสาหกรรม	สถานที่ราชการ	ศาสนสถาน	โรงแรม	แผงลอย, เพิงพัก	สถานศึกษา	อู่ซ่อมรถยนต์	โกดังเก็บของ	อาคารสูง	ห้างสรรพสินค้า	อาคารชุด, อะพาร์ตเมนต์	อุปกรณ์ไฟฟ้า	ยานพาหนะ	ของใช้	ปั๊มน้ำมัน - ปั๊มแก๊ส	สถานบันเทิง	อู่ต่อเรือ	โรงภาพยนตร์ / โรงมหรสพ	ร้านจำหน่ายอาหาร	โรงพยาบาล	ธนาคาร	ศาลเจ้า, มูลนิธิ	บริษัท, ห้าง, ร้าน	อื่น ๆ
2541	107	126	-	28	14	6	5	2	1	8	9	11	1	4	27	77	68	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-
2542	86	118	-	22	14	5	6	7	6	2	9	9	5	2	29	89	107	6	1	-	-	-	-	1	-	-	-
2543	64	101	14	22	3	7	2	4	2	2	8	11	-	4	6	82	65	1	2	-	1	-	1	-	-	-	-
2544	66	116	21	13	4	3	4	3	2	3	9	11	3	7	3	87	34	1	4	-	-	-	2	-	1	-	-
2545	82	123	18	13	3	2	3	3	1	-	8	13	-	-	5	89	39	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-
2546	102	113	22	12	7	4	-	2	-	3	12	9	2	4	2	43	24	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-
2547	149	189	23	32	5	2	4	2	3	2	11	6	1	20	5	63	11	-	-	-	-	14	1	2	-	-	20
2548	140	208	28	32	2	2	4	-	9	3	13	7	1	21	19	70	8	-	-	-	3	10	2	-	2	15	21
2549	250	181	11	31	-	6	-	55	10	2	23	44	-	-	140	200	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,832
2550	297	121	21	31	-	-	4	-	7	1	31	-	4	69	-	198	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	93
2551	157	194	24	27	4	2	3	34	7	3	15	14	4	52	74	214	77	-	-	-	-	9	-	1	1	42	4
2552	173	171	24	25	7	8	2	41	5	4	19	7	4	33	137	222	112	-	3	-	-	14	3	1	2	37	24
2553	120	95	12	12	9	3	3	30	5	5	15	8	8	20	112	186	181	-	2	-	1	13	1	13	-	16	10
2554	110	145	16	23	4	3	1	34	2	5	11	11	1	22	164	208	221	-	3	-	-	8	-	-	-	24	8
2555	35	85	11	5	3	1	1	54	1	-	7	6	-	-	35	229	280	-	2	-	-	3	-	-	-	14	3,264
2556	54	113	19	1	1	5	3	32	3	8	7	11	4	11	70	230	229	2	2	-	1	6	1	-	-	35	97
2557	48	158	15	22	3	6	9	9	10	3	17	1	1	30	420	238	283	2	6	-	12	1	2	1	-	47	29

ที่มา : ฝ่ายแผนงาน กองวิชาการและแผนงาน สำนักป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กรุงเทพมหานคร

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยทางกายภาพที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัย

2.2 เพื่อจำแนกพื้นที่เสี่ยงอันตรายจากอัคคีภัย

3. วิธีการวิจัย

การศึกษาปัจจัยทางกายภาพที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยในเขตคลองเตย กรุงเทพมหานครด้วยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ ได้กำหนดวิธีดำเนินการวิจัยไว้ดังนี้

3.1 ข้อมูลและแหล่งที่มาของข้อมูลเก็บรวบรวมจากบุคคลและหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยจำแนกเป็นข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้ สถิติการเกิดอัคคีภัยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 – 2552 จากศูนย์อำนวยการบรรเทาสาธารณภัย กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงจากกรมเทคโนโลยีสารสนเทศและอวกาศกลาโหม ข้อมูลท่อน้ำดับเพลิงจากสำนักงานการประปานครหลวง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนที่เขตคลองเตย กรุงเทพมหานครสำหรับเป็นแผนที่ฐาน โปรแกรมประยุกต์ทางภูมิสารสนเทศสำหรับการวิเคราะห์ จัดเก็บ และประมวลผลเชิงพื้นที่

3.3 วิธีดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล การรวบรวมข้อมูลและเอกสารที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ แผนที่ เอกสารที่รวบรวมจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและรายงานการศึกษาต่าง ๆ การกำหนดปัจจัยที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัย โดยใช้วิธีการศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดปัจจัยต่าง ๆ ในพื้นที่เสี่ยง การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่โดยการจัดการข้อมูลในระบบภูมิสารสนเทศ ได้แก่ การนำเข้าข้อมูล การปรับปรุงคุณภาพข้อมูล การตรวจสอบและแก้ไขข้อมูล เพื่อนำไปใช้กำหนดขอบเขตพื้นที่เสี่ยงอัคคีภัยโดยโปรแกรมประยุกต์ทางภูมิสารสนเทศในการทำแผนที่ การกำหนดพื้นที่เสี่ยงและการศึกษาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของชุมชนกับพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยและแนวทางการป้องกันอัคคีภัยในแต่ละพื้นที่เสี่ยง

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ขั้นดังนี้

3.4.1 การศึกษาปัจจัยทางกายภาพที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยในเขตคลองเตย โดยการจำแนกการวิเคราะห์ออกเป็นแต่ละประเภทดังนี้ การกระจายตัวทางพื้นที่เกิดอัคคีภัย การใช้ประโยชน์ที่ดิน ความหนาแน่นสิ่งปลูกสร้าง ความแคบกว้างของเส้นทางคมนาคม แหล่งที่ตั้งและระยะห่างของสถานีดับเพลิง การกระจายตัวของท่อดับเพลิง และนำมาสร้างชั้นข้อมูลและกำหนดค่าน้ำหนักเพื่อใช้ในการจำแนกพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัย สำหรับการเลือกใช้ปัจจัยทั้ง 6 (ดังตารางที่ 3) ได้ยึดตามแนวการวิทยานิพนธ์ของมณฑิรา แซ่ลิ้ เรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ศึกษาปัจจัยทางกายภาพที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัย ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา หลักสูตรศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพื้นที่ศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ

3.4.2 การจำแนกพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยในเขตคลองเตย มีวิธีการศึกษาดังนี้ 1) การนำเข้าข้อมูลในแต่ละชั้นข้อมูล 2) การประมวลผลและการวิเคราะห์ข้อมูล โดยการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัจจัยและค่าคะแนนประเภทข้อมูลของปัจจัย 3) การให้ค่าถ่วงน้ำหนักตามความสำคัญของแต่ละปัจจัย 4) การซ้อนทับและคำนวณคะแนนรวมแบบถ่วงน้ำหนักโดยใช้สมการดังนี้

$$W1R1\text{-}j + W2R2\text{-}j + W3R3\text{-}j + \ldots\ldots + WnRn\text{-}j \qquad [1]$$

$$S = W1R1 + W2R2 + W3R3 + \ldots\ldots + WnRn$$

ในเมื่อ S = ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัย

W…n = ค่าน้ำหนักของปัจจัยที่ 1 ถึง j

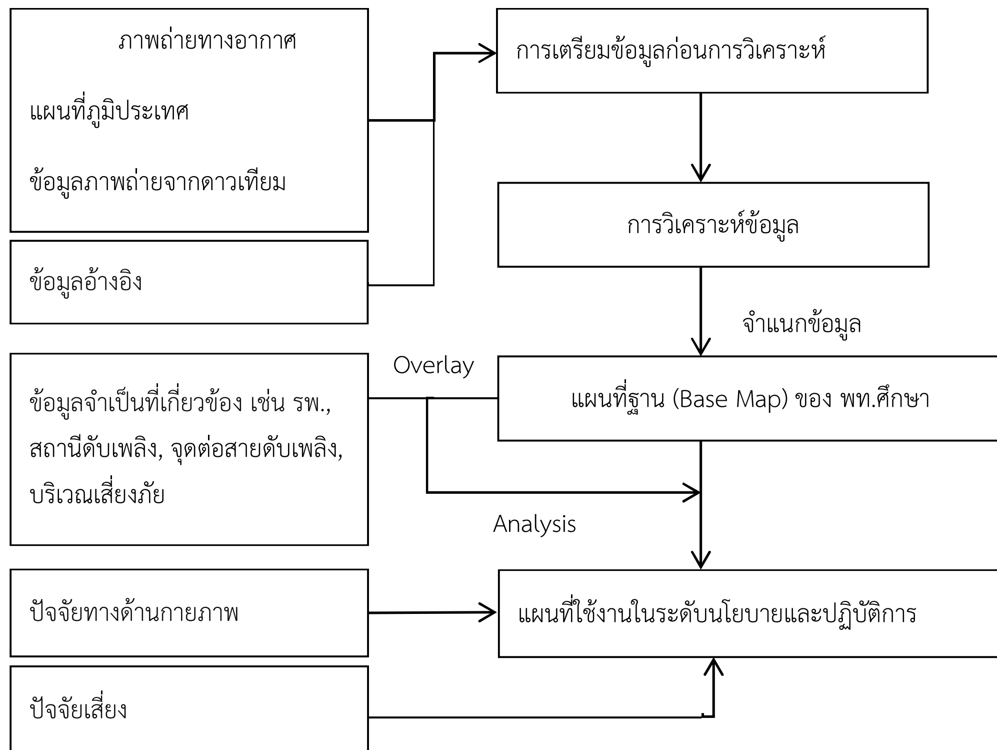
R…n = ค่าคะแนนของตัวแปรของปัจจัยที่ 1 ถึง j

โดยกำหนดให้ค่าคะแนนเต็มของปัจจัยมีค่าเท่ากับ 6

ตารางที่ 3 ปัจจัย ประเภทข้อมูล ค่าถ่วงน้ำหนัก และค่าคะแนนที่ใช้ในการกำหนดพื้นที่เสี่ยงอัคคีภัย

ปัจจัย	ระดับของปัจจัย	ค่าถ่วง น้ำหนัก	ค่าคะแนน ของปัจจัย
1.การกระจายตัวทางพื้นที่เกิดอัคคีภัย โดยใช้ข้อมูลสถิติการเกิดอัคคีภัย ปี พ.ศ. 2532-2552		6	
	พื้นที่เกิดอัคคีภัยมากกว่า 5 ครั้ง		5
	พื้นที่เกิดอัคคีภัย 4 ครั้ง		4
	พื้นที่เกิดอัคคีภัย 3 ครั้ง		3
	พื้นที่เกิดอัคคีภัย 2 ครั้ง		2
	พื้นที่เกิดอัคคีภัย 1 ครั้ง		1
2. การใช้ประโยชน์ที่ดิน		5	
	ที่อยู่อาศัย		5
	ย่านการค้าพาณิชย์และอุตสาหกรรม		4
	บริการสาธารณะ หน่วยงานราชการ		3
	พื้นที่นันทนาการเพื่อการพักผ่อน		2
	การใช้ประโยชน์ที่ดินอื่น (เกษตร เลี้ยงสัตว์)		1
3. ความหนาแน่นสิ่งปลูกสร้าง (หลัง : ตารางเมตร)		4	
	ที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก (0.0045 หลัง:ตรม.)		5
	ย่านการค้าพาณิชย์ (0.0036 หลัง:ตรม.)		4
	ที่อยู่อุตสาหกรรม (0.0031 หลัง:ตรม.)		3
	ที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง (0.0027 หลัง:ตรม.)		2
	ที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย (0.0013 หลัง:ตรม.)		1
4. ระยะห่างสถานีดับเพลิง (กิโลเมตร)		3	
	>4.8		3
	2.4		2
	<1.20		1
5. ความกว้างเส้นทางคมนาคม (เมตร)		2	
	<5		5
	5.1 – 10		4
	10.1 – 15		3
	15.1 – 20		2
	>20.1		1
6. การกระจายตัวท่อน้ำดับเพลิง (เมตร)		1	
	<50		5
	51 – 100		4
	101 – 150		3
	151 – 200		2
	>201		1

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการศึกษา

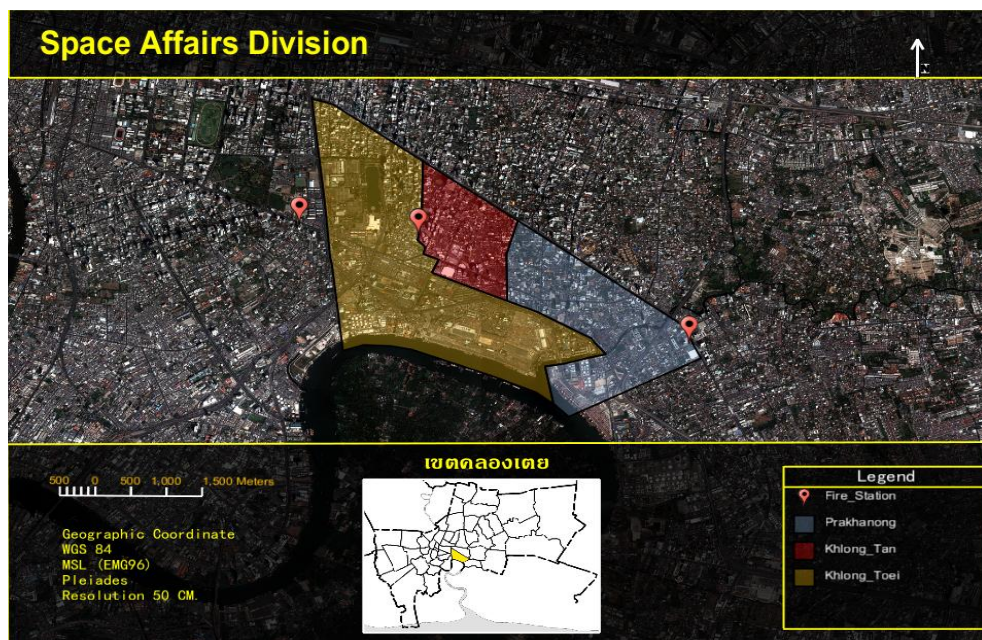


4. ผลการวิจัย

แบ่งการนำเสนอเป็น 2 ส่วนตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

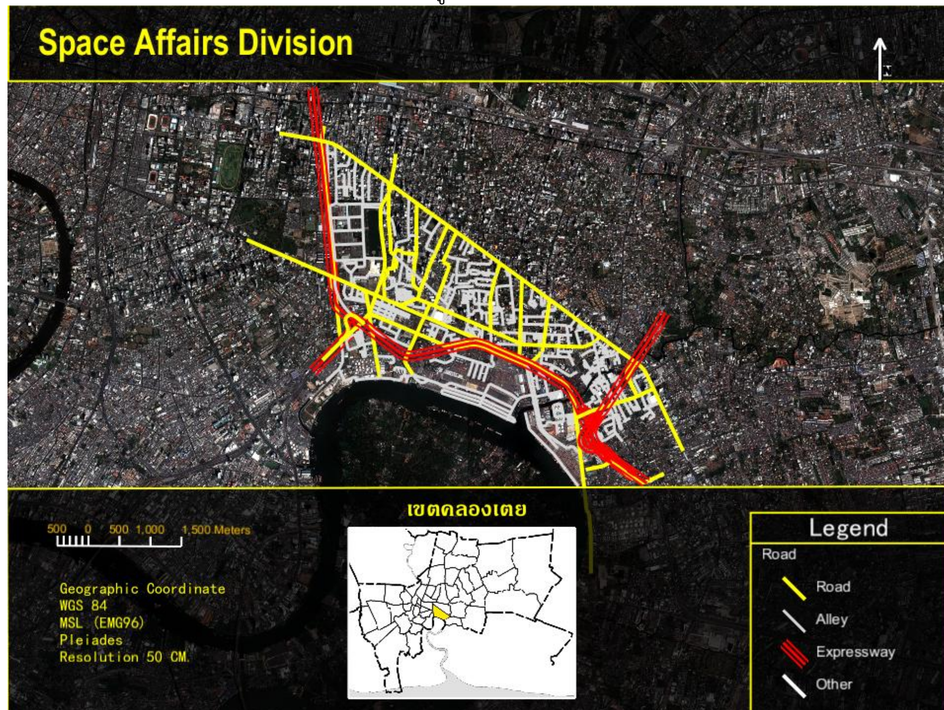
4.1 ผลการศึกษาปัจจัยทางกายภาพที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัย

ภาพที่ 2 แสดงถึงขอบเขตของเขตคลองเตย ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ใช้ในการประเมินความเสี่ยงอัคคีภัย

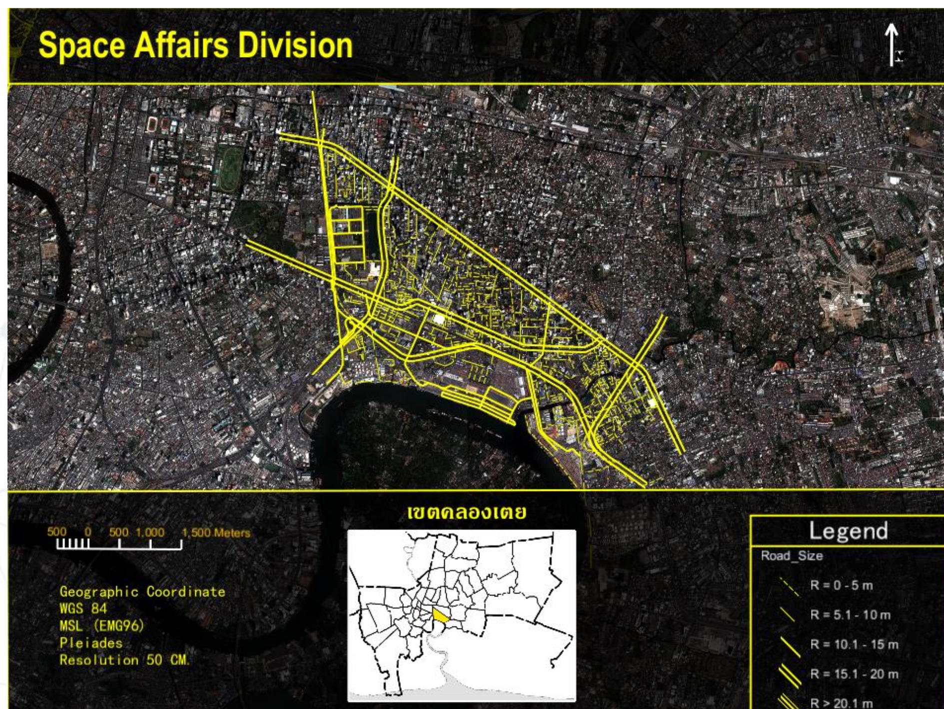


เขตคลองเตยมีหน่วยการปกครอง 3 แขวง ได้แก่ แขวงคลองเตย แขวงคลองตันและแขวงพระโขนง เขตคลองเตยตั้งอยู่ริมฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยาทางตอนกลางค่อนไปทางตะวันตกของฝั่งพระนคร มีอาณาเขตติดต่อกับเขตต่าง ๆ ดังนี้ ทิศเหนือและทิศตะวันออก ติดต่อกับเขตวัฒนา มีถนนสุขุมวิทเป็นเส้นแบ่งเขต ทิศใต้ ติดต่อกับเขตพระโขนงและอำเภอพระประแดง (จังหวัดสมุทรปราการ) มีแนวขอบทางสุขุมวิท 52 (ซอยศิริพร) และแนวกึ่งกลางแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นเส้นแบ่งเขต ทิศตะวันตก ติดต่อกับเขตยานนาวา เขตสาทร และเขตปทุมวัน มีแนวเขตทางรถไฟสายแม่น้ำเป็นเส้นแบ่งเขต

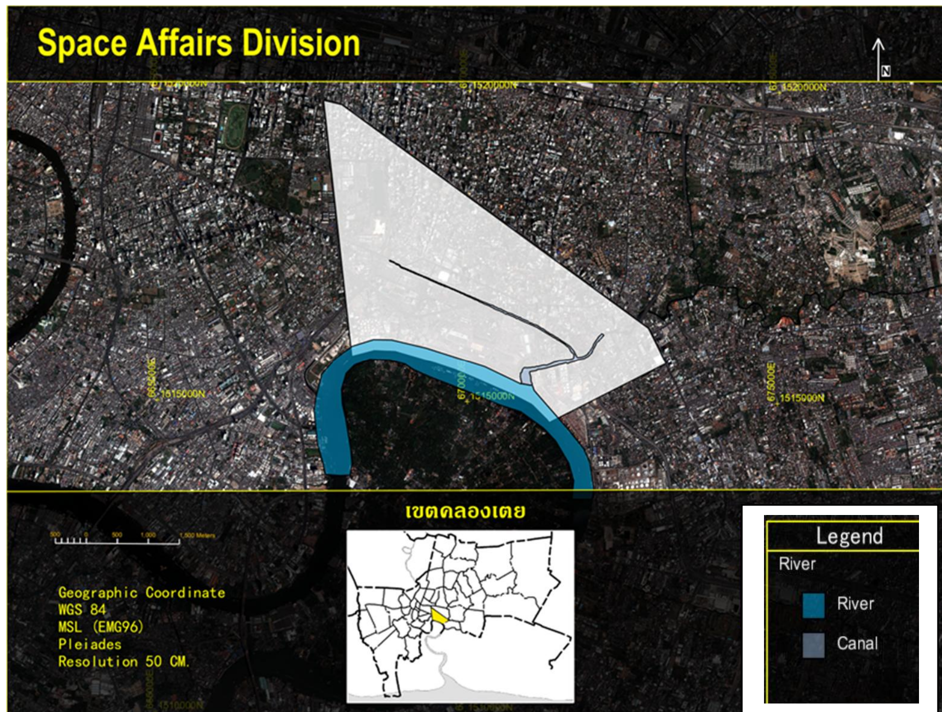
ภาพที่ 3 แสดงถึงประเภทของเส้นทางคมนาคมทางบกที่อยู่บริเวณเขตคลองเตย



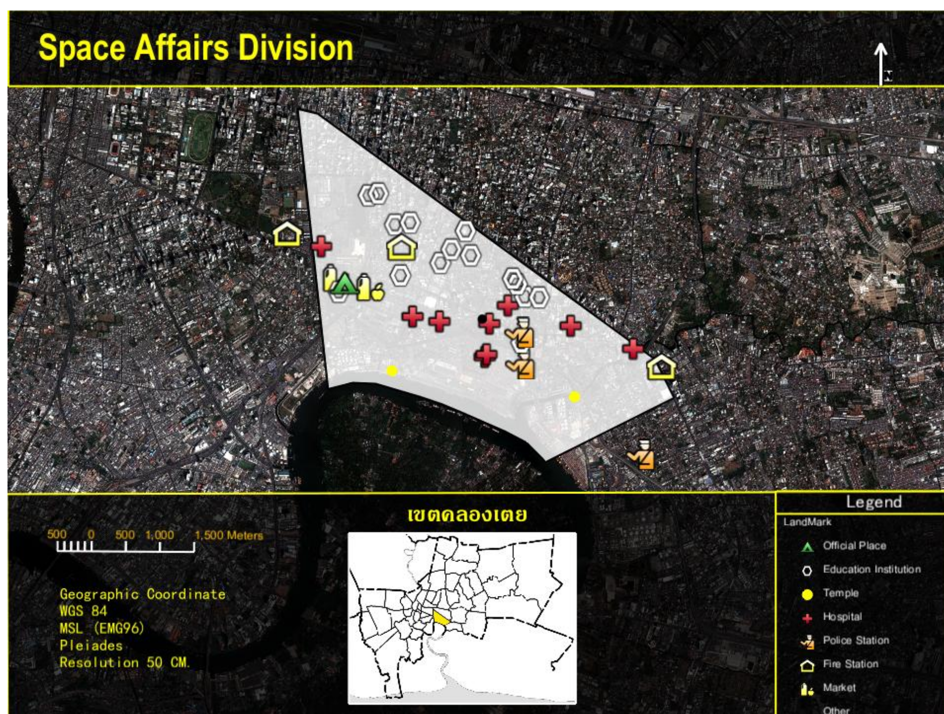
ภาพที่ 4 แสดงถึงความกว้างของ ถนน ในเขตคลองเตย



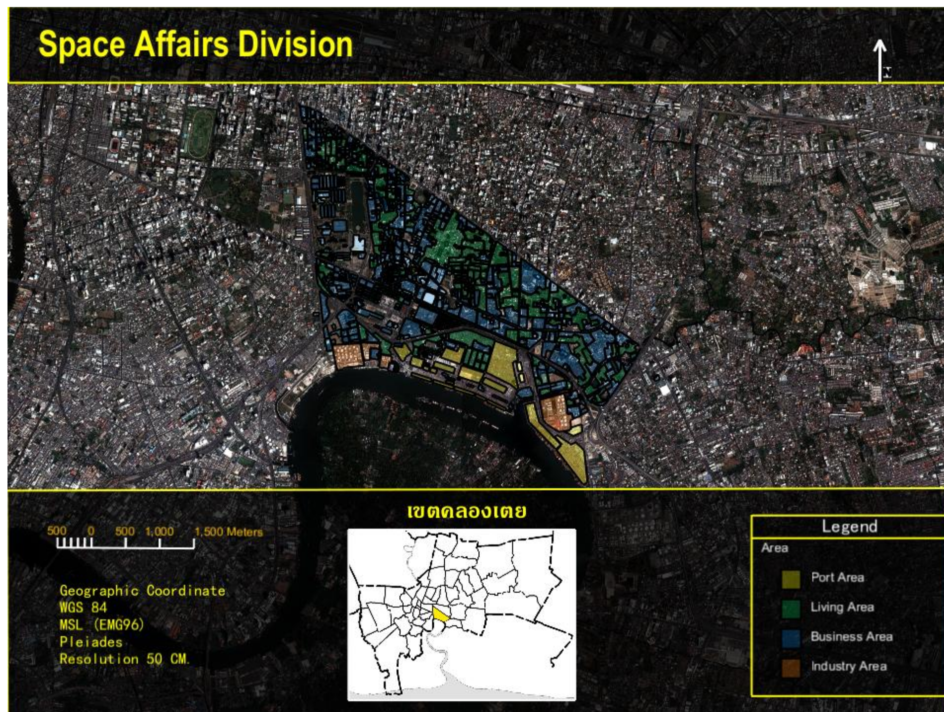
ภาพที่ 5 แสดงถึงเส้นทางการคมนาคม ทางน้ำ ในเขตคลองเตย



ภาพที่ 6 แสดงถึงแหล่งที่ตั้งสำคัญในเขตคลองเตย



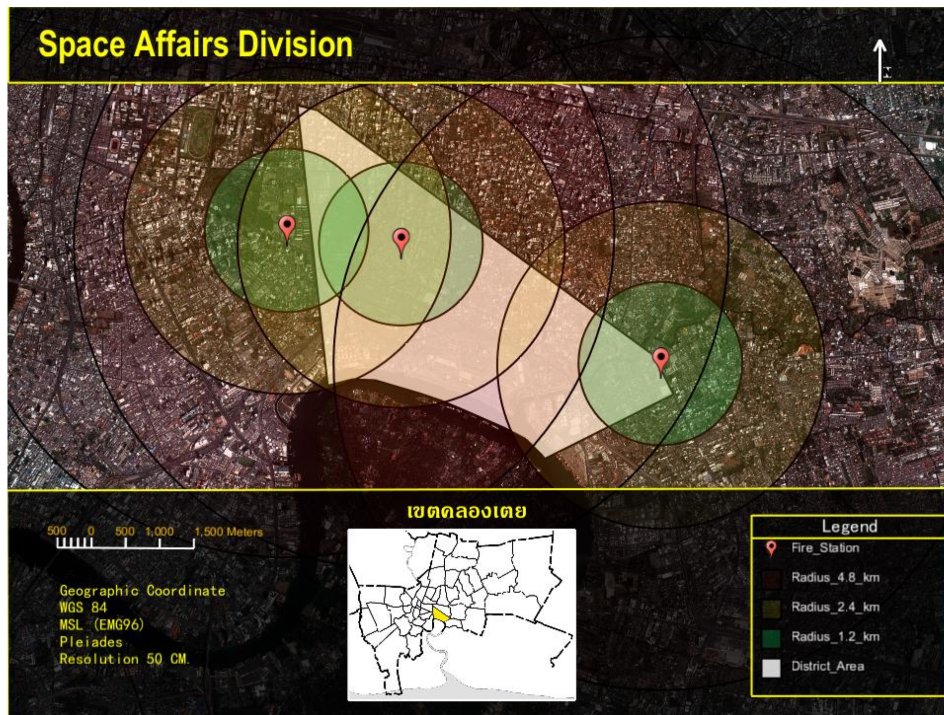
ภาพที่ 7 แสดงถึงการจัดส่วนที่อยู่อาศัยโดยแบ่งเป็นประเภทในเขตคลองเตย



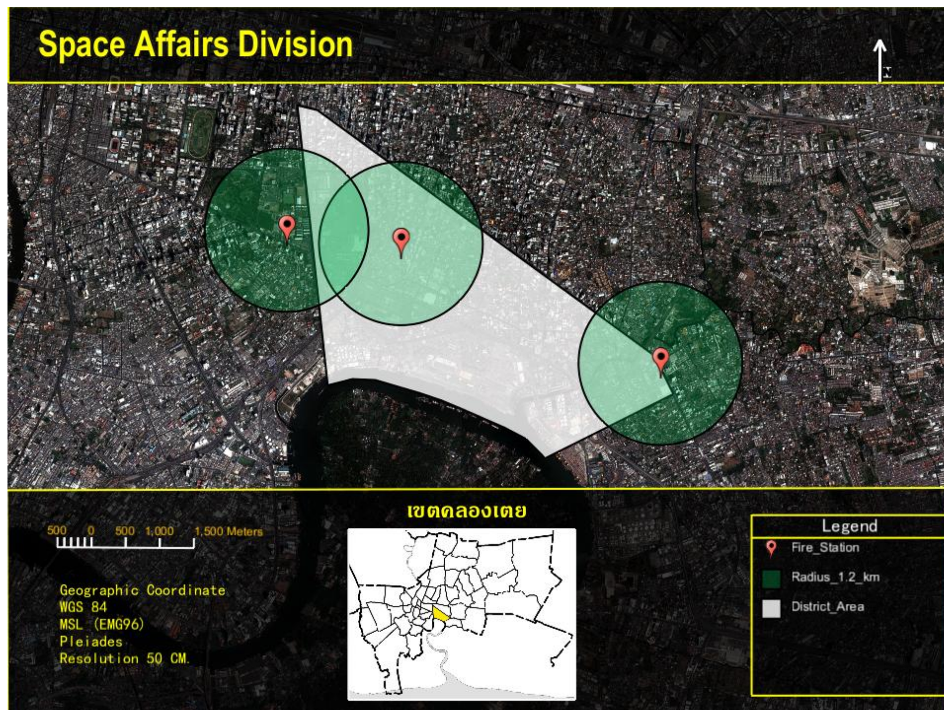
ภาพที่ 8 แสดงถึงที่ตั้งของสถานีดับเพลิงในบริเวณเขตคลองเตย



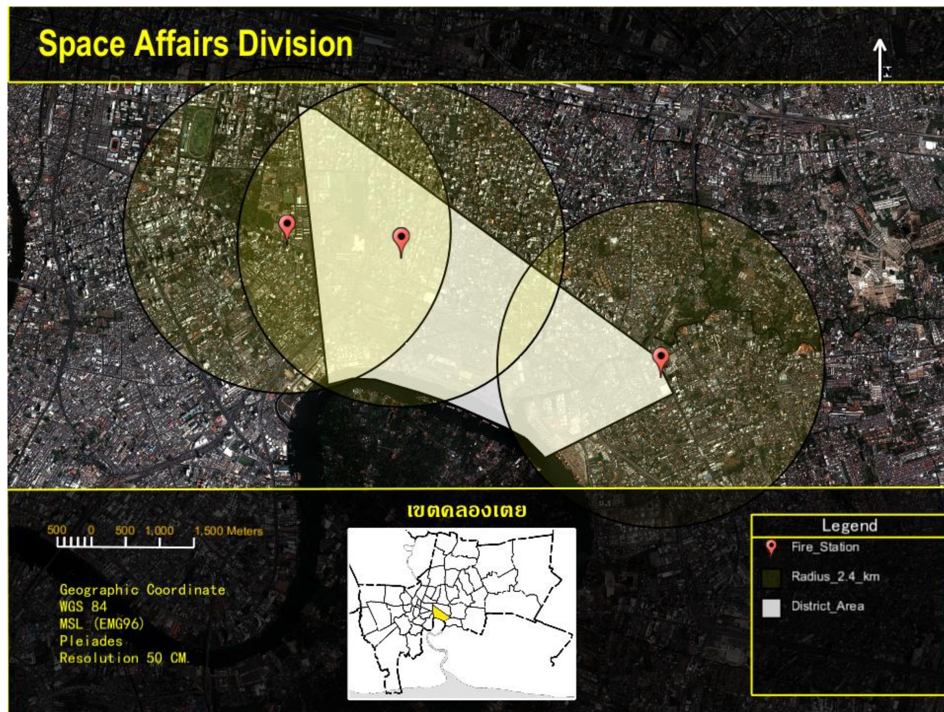
ภาพที่ 9 แสดงถึงรัศมีจากสถานีดับเพลิงในเขตคลองเตย



ภาพที่ 10 แสดงถึงรัศมีจากสถานีดับเพลิงในระยะ 1.2 กม.



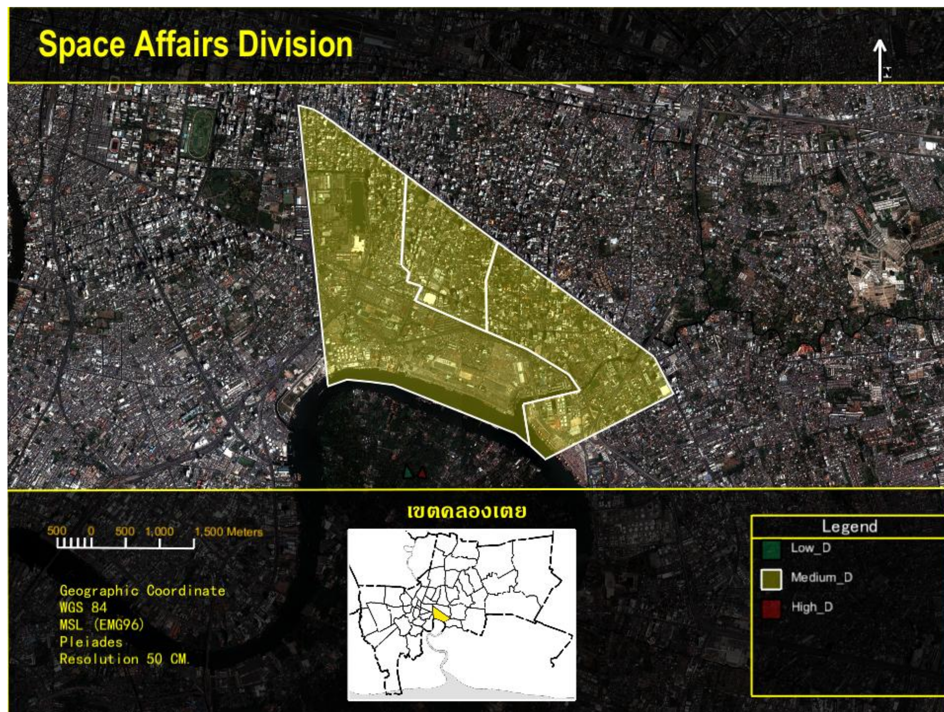
ภาพที่ 11 แสดงถึงรัศมีจากสถานีดับเพลิง ในระยะ 2.4 กม.



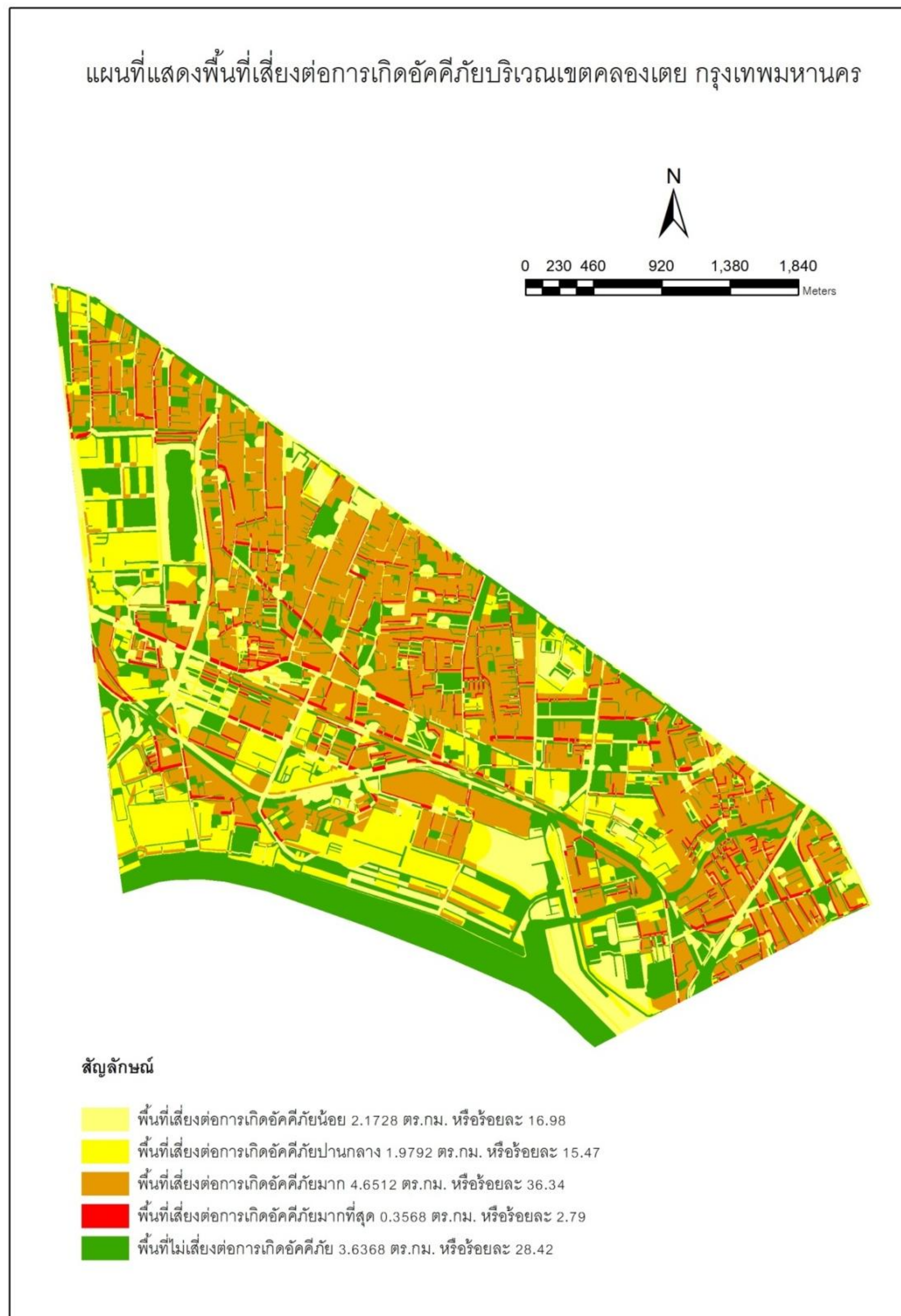
ภาพที่ 12 แสดงถึงรัศมีจากสถานีดับเพลิง ในระยะ 4.8 กม.



ภาพที่ 13 แสดงความหนาแน่นของสิ่งปลูกสร้างในเขตคลองเตย



ภาพที่ 14 แผนที่แสดงพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยบริเวณเขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร



5. วิจารณ์ผลและสรุปผล

สามารถสรุปเป็นประเด็นต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์ได้ดังนี้

5.1 ปัจจัยทางกายภาพที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัย

1) การกระจายตัวทางพื้นที่เกิดอัคคีภัย พบการเกิดบ่อยครั้งในพื้นที่ย่านชุมชนที่อยู่อาศัย รองลงมาเป็นพื้นที่ย่านการค้า

2) การใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่าการใช้ประโยชน์ในที่ดินเขตคลองเตยเป็นที่อยู่อาศัย ย่านการค้าและการอุตสาหกรรม การใช้เพื่อบริการสาธารณะและหน่วยงานราชการ การนันทนาการและการผักผ่อน รวมทั้งท่าขนถ่ายสินค้าทางเรือ

3) ความหนาแน่นสิ่งปลูกสร้าง พบว่ามีค่าความหนาแน่นสิ่งปลูกสร้าง 1 ลักษณะคือค่าความหนาแน่นสิ่งปลูกสร้างปานกลาง

4) ความแคบกว้างของเส้นทางคมนาคม มี 3 ลักษณะคือถนนสายหลักจะกว้างมากกว่า 20.1 เมตร ถนนสายรองกว้าง 10.1-20 เมตร และถนนย่อยกว้างน้อยกว่า 10 เมตร จะพบในแหล่งชุมชนหนาแน่น (สลัม) มีความกว้างน้อยกว่า 2 เมตรทำให้รถดับเพลิงไม่สามารถเข้าถึงในพื้นที่ได้

5) แหล่งที่ตั้งและระยะห่างสถานีดับเพลิง มีสถานีดับเพลิงเพียง 1 แห่งในเขตคลองเตยแต่มีในเขตข้างเคียง 2 สถานี เมื่อวัดรัศมีครอบคลุมพื้นที่รับผิดชอบไม่เกิน 5 กิโลเมตรแล้วสามารถครอบทั้งเขตคลองเตย แต่ถ้าพิจารณาในระยะรัศมี 1.2 กิโลเมตรแล้วยังมีพื้นที่ที่ไม่ครอบคลุมอีกจำนวนมากจะมีผลต่อความรวดเร็วในการดับเพลิง

6) การกระจายตัวท่อดับเพลิง พบว่ามีการกระจายตัวในระยะห่างระหว่างท่อดับเพลิงแต่ละจุดตั้งแต่ 20-200 เมตร โดยชุมชนแออัดย่านการค้า ย่านอุตสาหกรรมจะมีการกระจายตัวแต่ละจุดห่างกันไม่เกิน 50 เมตร ในย่านที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลางจะห่างกันไม่เกิน 100 เมตร

5.2 การจำแนกพื้นที่เสี่ยงอันตรายอัคคีภัย

ผลการศึกษาพบว่าเขตคลองเตยมีพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัย 5 ระดับ คือ พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยมากที่สุด มีพื้นที่ 0.35 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 2.79 ของพื้นที่ทั้งหมด จะอยู่บริเวณชุมชนสลัมและแหล่งที่อยู่อาศัยหนาแน่น มีถนนแคบ พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยมาก มีพื้นที่ 4.65 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 36.34 ของพื้นที่ทั้งหมด จะอยู่บริเวณแหล่งที่อยู่อาศัยหนาแน่น อาคารพาณิชย์ ตึกสูง พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยปานกลาง มีพื้นที่ 1.97 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 15.47 ของพื้นที่ทั้งหมด จะอยู่บริเวณแหล่งที่อยู่อาศัยที่มีความหนาแน่นปานกลาง สถานที่ราชการ พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยน้อย มีพื้นที่ 2.17 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 16.98 ของพื้นที่ทั้งหมด จะอยู่บริเวณท่าเรือคลองเตย ลานกว้าง ถนน พื้นที่ไม่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยมีพื้นที่ 3.63 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ28.42 ของพื้นที่ทั้งหมด จะอยู่บริเวณสนามกีฬา พื้นที่ว่างเปล่า แม่น้ำ สรุปได้ว่าพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยมากที่สุดเป็นชุมชนสลัมและแหล่งที่อยู่อาศัยหนาแน่น มีความกว้างถนนแคบในการเข้าถึงยากแก่การดับเพลิง

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ผลของการวิจัยครั้งนี้สามารถนำมาใช้ในการวางแผนป้องกันและระงับอัคคีภัยภายในเขตคลองเตยได้เพียงแห่งเดียว หากจะนำไปใช้ในพื้นที่อื่นต้องทำการศึกษาปัจจัยเสี่ยงเฉพาะของพื้นที่นั้นให้ครบถ้วนเสียก่อน เนื่องจากเมื่อต่างพื้นที่ปัจจัยเสี่ยงยอมแตกต่างกันด้วย

6.2 มนุษย์เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดอัคคีภัย ดังนั้นต้องสร้างความรู้ความเข้าใจในหมู่ประชาชนให้เกิดความตระหนักรู้ในสาเหตุของการเกิดอัคคีภัย การหาแนวทางป้องกันและบรรเทาอัคคีภัยเป็นเพียงแนวทางที่จะทำให้ระดับความรุนแรงลดลงเท่านั้น

6.3 จากการศึกษาพบว่าสถานีดับเพลิงในเขตคลองเตยยังมีอยู่จำกัด ควรพิจารณาเพิ่มสถานีดับเพลิงให้มากและครอบคลุมพื้นที่โดยเฉพาะบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยหนาแน่นและย่านการค้า

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงมหาดไทย. (2550). **คู่มือปฏิบัติการประเมินความเสี่ยงอัคคีภัยในชุมชน. กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยกระทรวงมหาดไทย.** กรุงเทพมหานคร:สำนักพิมพ์คณะรัฐมนตรีและราชกิจจานุเบกษา

กระทรวงมหาดไทย(2548). **มาตรฐานการป้องกันและระงับอัคคีภัย.** กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่นกระทรวงมหาดไทย. กรุงเทพมหานคร : ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย

กระทรวงมหาดไทย(2550). **แผนแม่บทพัฒนาความปลอดภัยด้านอัคคีภัยแห่งชาติ.** กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยกระทรวงมหาดไทย. กรุงเทพมหานคร : กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย

กระทรวงมหาดไทย(2550).**แผนปฏิบัติการภายใต้แผนแม่บทพัฒนาความปลอดภัยด้านอัคคีภัยแห่งชาติ.** ยุทธศาสตร์ระยะที่ 1 ระยะ 6 ปีแรก (พ.ศ.2549-2554). กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยกระทรวงมหาดไทย. กรุงเทพมหานคร : กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย

ชัยศิลป์พนาวิวรรธน์,พงษ์ระพีเตชพาหพงษ์.(2548). **คู่มือ Google Earth ฉบับสมบูรณ์.** บริษัทโปรวิชั่นจำกัด . กรุงเทพมหานคร : บริษัทโปรวิชั่นจำกัด

สมบัติอยู่เมือง.(2552).**การประยุกต์ GIS และ Remote Sensing เพื่อสนับสนุนการบริหารและการตัดสินใจในการจัดการภัยพิบัติ.** เอกสารการสอนชุดวิชาภูมิสารสนเทศ:จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิฑูรย์สิมะโชคดี,วีรพงษ์เฉลิมจิระวัฒน์. (2550) **วิศวกรรมและการบริหารความปลอดภัยในโรงงาน.** สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) : สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น)

อนุศรพุ่มพวง.(2548) **การศึกษาเพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยในเขตเมืองชั้นในของกรุงเทพมหานคร.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต:มหาวิทยาลัยรามคำแหง

ชุมพลบุญประยูร.(2536).**ไฟกับสิ่งแวดล้อม.**เอกสารการสอนชุดวิชาบรรเทาสาธารณภัย. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

M.S.Linda Noson,Mr.N.M.S.I.Arambepola.(2548).**คู่มือองค์รวมแห่งการจัดการความเสี่ยงจากภัยพิบัติ.** ADPC ศูนย์เตรียมความพร้อมป้องกันภัยพิบัติแห่งเอเชีย. กรุงเทพมหานคร

HSE BOOKS.(2547).**5 STEPS TO RISK ASSESSMENT.** HSE BOOKS,LONDON : The Healthand Safety Execcutive

การเกิดจุดเผาและวิถีการเคลื่อนตัวของมวลอากาศ ในพื้นที่จังหวัดน่าน

Hotspot and air mass trajectory in Nan Province, Thailand

นิอร สิริมงคลเลิศกุล
Nion Sirimongkonlertkun
สาขาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงราย
0896354086 / e-mail nionsiamgis@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอการเกิดจุดความร้อนในช่วงปี 2550-2558 และความเป็นไปได้ของการคลื่นตัวของมวลอากาศเข้าสู่สถานีวัดค่า PM10 ของจังหวัดน่านซึ่งเป็นจังหวัดหนึ่งในภาคเหนือที่ประสบกับปัญหาหมอกควันในเดือนมีนาคมตั้งแต่ปี 2050 เป็นต้นมา ด้วยการใช้จุดความร้อนที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมในระบบโมดีส และศึกษาความเป็นไปได้ของการเคลื่อนที่ของมวลอากาศที่เคลื่อนตัวเข้าสู่สถานีวัดค่า PM10 ในช่วงเวลาเดียวกันด้วยโมเดล HYSPLIT ผลการศึกษาพบว่าในเดือนมีนาคมจังหวัดน่านพบจุดความร้อนมากที่สุด ในปี พ.ศ.2550 รองลงมาคือ 2553 และ 2555 โดยมีจำนวนจุดความร้อน 5,133 4,189 และ 4,143 ตามลำดับโดยอำเภอที่มีการเผาในอันดับต้นๆได้แก่ อำเภอเวียงสา นาน้อย และ อำเภอเฉลิมพระเกียรติ ตามลำดับ และจากการศึกษาการวิถีการคลื่นตัวแบบย้อนกลับรายวันในเดือนมีนาคมของทุกปี ณ สถานีวัดค่า PM10 จังหวัดน่าน พบว่าการเคลื่อนตัวของมวลอากาศส่วนใหญ่เป็นการคลื่นตัวในทิศตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งได้พาดผ่านพื้นที่ๆมีความหนาแน่นของจุดเผามากดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ว่าปัญหาค่า PM10 ที่สูงเกินกว่าค่ามาตรฐานนี้เกิดจากการเดินทางของมวลอากาศที่พัดพาเอาฝุ่นที่เกิดจากการเผาเข้าสู่สถานีวัดค่า PM10

คำสำคัญ: จุดความร้อน การเคลื่อนตัวของมวลอากาศ

ABSTRACT

This paper presents the hotspot in 2007 – 2015 and the possibility of air mass movement to PM_{10} ground measurement stations in Nan province which is one of the province that affected by the smoke-and-haze problem in March since 2007. Using hotspots obtained from MODIS imagery and study on the air mass movement using Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory (HYSPLIT) model, the result show that in March 2007, 2010 and 2012, the highest number of active fire hotspot in was found Nan province which are 5,133 4,189 and 4,143 respectively. The districts with highest number of active fire hotspots are Wieng Sa, Nanoi and Chaloem Phra Kiat districts. From the study on the backward daily air mass trajectory in March yearly, it was found that at the air measurement station, most of the air mass move in the southwest direction that passed over the area with high density of active fire hotspots. Therefore, it has high possibility that the highest PM_{10} value that higher than the standard value is caused by the air movement that carried the smoke and haze from burning area to the PM_{10} measurement station.

KEY WORDS: Active fire hotspots, Air mass movement

1. บทนำ

จังหวัดน่านเป็นจังหวัดหนึ่งประสบกับปัญหาหมอกควันที่มีค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน หรือที่เรียกว่า หรือ PM_{10} (Particular Matter less than 10 microns (micrometers) in diameter: PM_{10}) เกินกว่าค่ามาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษได้กำหนดไว้คือไม่เกิน 120 $\mu g/m^3$ ต่อ 24 ชั่วโมง (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) โดยเฉพาะกลุ่มเสี่ยงคือ กลุ่มเด็กเล็กที่อายุต่ำกว่า 5 ปี และผู้สูงอายุ ตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป ตลอดจนผู้ป่วยที่เกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ จากรายงานกรมควบคุมโรคที่ 10 พบว่า วันที่ 15 มีนาคม 2550 จนถึงวันที่ 22 มีนาคม 2550 มีผู้ป่วยเข้ารับบริการในสถานพยาบาลในสังกัด 9 จังหวัด ได้แก่ เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง แม่ฮ่องสอน พะเยา เชียงราย แพร่ น่าน และกาญจนบุรี ทั้งหมด 57,765 ราย เฉลี่ยวันละ 7,220 ราย สาเหตุที่สำคัญที่ทำให้เกิดสภาวะหมอกควันดังกล่าวนี้ ก็คือไฟป่า การเผาในที่โล่ง มลพิษจากการใช้ยวดยานพาหนะ (มงคล รายะนาคร, 2553) และจากภาคอุตสาหกรรม โดย เจียมใจ เครือสุวรรณ และคณะ (2551 อ้างใน มงคล, 2553) พบว่า ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กร้อยละ 50 - 70 มีแหล่งกำเนิดจากไฟป่าและการเผาพื้นที่การเกษตร และจากเครื่องยนต์ดีเซลประมาณร้อยละ 10 ส่วนที่เหลือเป็นฝุ่นที่พัดพามาจากแหล่งอื่น นอกจากนี้ยังพบว่าบางพื้นที่ยังได้รับผลกระทบมลพิษทางอากาศจากการเกิดไฟป่าในประเทศเพื่อนบ้านอีกด้วย (Manomaiphiboon, 2007; Leelasakultum, 2009) อย่างไรก็ตามการศึกษาเกี่ยวกับการเผาและปัญหาหมอกควัน นักวิจัยส่วนใหญ่ใช้จุดความร้อน (hotspot) ที่ตรวจวัดจากภาพถ่ายดาวเทียมในระบบโมดิส (MODIS) ขององค์กรนาซา เป็นตัวแทนของการเผาอันเป็นสาเหตุหลักของการเกิดหมอกควัน (Phonekeo et al., 2006; Phonekeo, Gunasekara & De Silva, 2009, กัมปนาท ดีอุดมจันทร์ และอนุสรณ์ รังสิพานิช, 2550; ศุทธินี และคณะ, 2554 และ นิอร และ ศราวุธ, 2556) ทั้งนี้เนื่องจากจุดความร้อนหรือ Hotspot ที่ได้จากภาพถ่ายในระบบโมดีสนั้น สามารถทำการตรวจจับจุดความร้อนได้ทั้งกลางวันและกลางคืน ถึงแม้นว่าจุดความร้อนนั้นจะเป็นตัวแทนของพื้นที่ 1 กิโลเมตรก็ตาม แต่จากการตรวจสอบความถูกต้องของการเกิดจุดไฟแล้วพบว่ามีความถูกต้องน่าเชื่อถืออยู่ที่ร้อยละ 80-90 ของข้อมูลทั้งหมด (Morisette et al., 2005; Yootthapoom Potiracha, 2007; Veerachai Tanpipat et al., 2009 and Suchat Podchong, 2010) ผลจากการเผาทำให้เกิดค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กหรือสารแขวนลอยต่างๆตามมาอย่างมากมาย จากรายงานใน Glossary of Environment Statistics, 1997 พบว่าฝุ่นละอองขนาดเล็กนี้สามารถเดินทางได้มากกว่า 100 กิโลเมตร และหากว่ามีการเคลื่อนตัวของมวลอากาศเป็นตัวช่วยพัดพาแล้วฝุ่นละอองขนาดเล็กนี้ยังสามารถเดินทางได้ไกลกว่าพันกิโลเมตรจากแหล่งกำเนิด ก่อนที่จะตกลงสู่พื้นดิน (Aren, 2009) ตัวอย่างเช่นการศึกษาของ ของ หนึ่งฤทัย ยะสง่า และคณะ (2553) ได้ทำการศึกษาและจำแนกรูปแบบการเคลื่อนที่ของมวลอากาศแบบย้อนกลับที่เคลื่อนตัวเข้าสู่จังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงเดือน มิถุนายน 2551 ถึง พฤษภาคม 2552 พบว่ารูปแบบการเคลื่อนตัวของมวลอากาศแบบย้อนกลับที่เคลื่อนตัวเข้าสู่จังหวัดเชียงใหม่มากที่สุดคือ การเคลื่อนตัวของมวลอากาศจากอ่าวเบงกอล ผ่านทางตอนใต้ของประเทศพม่า จากนั้นเคลื่อนตัวเข้าสู่จังหวัดเชียงใหม่ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่า PM10 ที่สูงเกินค่ามาตรฐานในจังหวัดเชียงใหม่ก็เกิดจากการนำพาเอาฝุ่นที่เกิดจากการเผาในประเทศเพื่อนบ้านเข้าสู่จังหวัดเชียงใหม่ด้วยเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kim Oanh and Leelasakultum (2011) ที่พบว่าปัญหาหมอกควันที่เกิดขึ้นในจังหวัดเชียงใหม่นั้นส่วนหนึ่งมาจากการเผาของพื้นที่ต่างๆที่อยู่เหนือทิศทางลมด้วยอีกหนึ่งงานวิจัยของ Nion Sirimongkonlertkun et al., 2013 ได้ทำการศึกษาปัญหาหมอกควันในจังหวัดเชียงรายพบว่าปัญหาส่วนหนึ่งเกิดจากการเผาในพื้นที่และพื้นที่ข้างเคียงด้วยดังนั้นการศึกษาปัญหาหมอกควันจำเป็นจะต้องทำการศึกษาทั้งส่วนที่เป็นสาเหตุหลักของปัญหาคือการเผารวมถึงลักษณะการเคลื่อนตัวของมวลอากาศที่เข้าสู่พื้นที่ศึกษาเพื่อก่อให้เกิดความเข้าใจถึงสาเหตุของปัญหาและหาแนวทางที่แก้ไขอย่างถูกต้องและเหมาะสมต่อไป

จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ที่ต้องการศึกษาถึงการเกิดจุดเผาและวิถีการเคลื่อนตัวของมวลอากาศในพื้นที่จังหวัดน่าน ซึ่งเป็นพื้นที่หนึ่งที่ประสบกับปัญหาหมอควันมาโดยตลอดโดยใช้จุดความร้อนหรือ Hotspot ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมในระบบโมดิส ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550-2558 เพื่อทราบถึงพื้นที่เร่งด่วนหรือพื้นที่ๆภาครัฐความให้ความสำคัญเป็นอันดับแรกๆในการแก้ไขปัญหาการเผาเชิงพื้นที่ นอกจากนี้ยังทำการศึกษาวิถีการเคลื่อนตัวของมวลอากาศในแบบย้อนกลับเข้าสู่สถานีวัดค่า PM10 ณ ตำบลเวียงใน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน ด้วยโมเดล HYSPLIT ซึ่งเป็นโมเดลที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย (Begum et al., 2005; Danutawat and Oanh, 2007; Prapat Pentamwa and Oanh, 2008; Vanisa Surapipith, 2008; หนึ่งฤทัย ยะสง่า และคณะ, 2553; and Nion Sirimongkonlertkun et al., 2013) เพื่อศึกษาถึงทิศทางการเคลื่อนตัวของมวลอากาศรายวันในช่วงเดือนมีนาคมของปี พ.ศ. 2550-2558 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทิศทางการเคลื่อนตัวของมวล

อากาศและการพัดพาฝุ่นละอองขนาดเล็กจากแหล่งกำเนิดอื่นเข้าสู่สถานีวัดค่า PM_{10} ทั้งนี้เพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหาหมอควันอันเกิดจากการเผาอย่างเป็นรูปธรรมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอย่างครบถ้วน

2. วัตถุประสงค์

2.1 ศึกษาการเกิดจุดความร้อนที่เกิดขึ้นในพื้นที่จังหวัดน่าน ในเดือนมีนาคมตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550-2558

2.2 ศึกษาการเคลื่อนตัวของมวลอากาศรายวันในช่วงเดือนมีนาคมของปี พ.ศ. 2550-2558 ณ สถานีวัดค่า PM_{10} ของจังหวัดน่าน

3. วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้ได้แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนหลักๆ คือ 3.1 ขั้นตอนการศึกษาการเกิดจุดความร้อน และ 3.2 ขั้นตอนการศึกษาการเคลื่อนตัวของมวลอากาศรายวัน ณ สถานีวัดค่า PM_{10} ของจังหวัดน่าน ซึ่งรายละเอียดแต่ละขั้นตอนมีดังต่อไปนี้

3.1 ขั้นตอนการศึกษาการเกิดจุดความร้อน

3.1.1 Download ข้อมูลจุดความร้อนที่เกิดขึ้นในพื้นที่จังหวัดน่าน ในช่วงเดือนมีนาคมของปี พ.ศ. 2550-2558 จาก website: http://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/firemap/ โดยจุดความร้อนดังกล่าวนี้เป็นการวัดค่าความร้อนที่มากผิดจากปกติบนผิวโลก (Hot spot) โดยใช้อุปกรณ์การตรวจวัดค่าความร้อน (Thermal Sensor) ที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียมสำรวจโลก (Earth Observation Satellite) โดยติดตั้งบนดาวเทียม Terra และ Aqua ด้วยระบบ MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) ซึ่งข้อมูลจุดความร้อนจะปรากฏเป็นข้อมูลเชิงตำแหน่งที่ระบุค่าพิกัด และวันที่ พร้อมด้วยเวลาที่เกิดจุดความร้อน ดังนั้นนักวิจัยจึงนิยมใช้จุดความร้อนที่ได้จากระบบดังกล่าวมานี้เป็นตัวแทนของการเกิดไฟบนพื้นผิวโลก (Begum et al., 2005; Chan et al., 2006; Danutawat and Oanh, 2007; Prapat Pentamwa and Oanh, 2008; Vanisa Surapipith, 2008; หนึ่งฤทัย ยะสง่า และคณะ, 2553; and Nion Sirimongkonlertkun et al., 2013) ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลจุดไฟดังกล่าวนี้มีข้อเด่นคือเป็นข้อมูลที่เกิดขึ้นแบบใกล้เวลาจริง (Near Real Time) โดยทาง องค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Aeronautic and Space Administration: NASA) จะทำการตรวจจับหรือปรับ (Refresh) ข้อมูลทุกๆ สองชั่วโมง สำหรับประเทศไทยระบบสามารถถ่ายภาพได้วันละ 4 ช่วงเวลาได้แก่ ดาวเทียม TERRA (เวลา 01.00-02.00 และ10.00-11.00 น.) ดาวเทียม AQUA (เวลา 13.00-14.00 และ22.00-23.00 น.) อย่างไรก็ตามภาพถ่ายดาวเทียมดังกล่าว แต่ข้อมูลมีข้อจำกัดคือ 1 จุดความร้อนแทนด้วยพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตร ดังนั้นการเผาหรือการเกิดไฟที่น้อยกว่า 1 ตารางกิโลเมตรจะไม่ปรากฏให้เห็น

3.1.2 ซ้อนทับ (overlay) ข้อมูลแนวเขตการปกครองในระดับอำเภอกับข้อมูลจุดความร้อนที่ได้ที่ได้จากข้อ 3.1.1 เพื่อทำการจำแนกจุดความร้อนในรายอำเภอ

3.1.3 สร้างฐานข้อมูลจุดความร้อนรายอำเภอ ในช่วงเดือนมีนาคมของปี พ.ศ. 2550-2558

3.2 ขั้นตอนการศึกษาการเคลื่อนตัวของมวลอากาศแบบย้อนหลัง (Backward trajectory) รายวัน ณ สถานีวัดค่า PM_{10} ของจังหวัดน่าน

ในขั้นตอนนี้เป็นการศึกษารูปแบบทางเดินของมวลอากาศแบบย้อนหลังรายวันในช่วงเดือนมีนาคมของปี พ.ศ. 2550-2558 ในการวิจัยนี้เลือกใช้แบบจำลอง HYSPLIT 4 ซึ่งเป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดย Air Resources Laboratory (ARL), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นแบบจำลองที่ใช้สำหรับการคาดการณ์และวิเคราะห์ทิศทางการเคลื่อนที่ตลอดจนการกระจายตัวของมวลสารในอากาศ สามารถใช้ในการคำนวณตั้งแต่เส้นทางของกลุ่มอากาศทั่วไป ไปจนกระทั่งจาลองการกระจายตัวและสะสมของสารต่างๆในอากาศที่ซับซ้อนได้ ดังนั้นแบบจำลอง Hysplit จึงนิยมนำมาใช้ในการอธิบายการเคลื่อนที่ของมลพิษและหาความสัมพันธ์กับแหล่งกำเนินมลพิษในหลายๆหน่วยงาน โดยใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาทั่วโลกในการคำนวณซึ่งได้มีการเก็บไว้เป็นฐานข้อมูลของแบบจำลองดังกล่าว ซึ่งสามารถเข้าถึงได้จาก http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา Global reanalysis เพื่อที่จะคำนวณการเคลื่อนตัวของมวลอากาศย้อนหลัง (Backward trajectory) รายวันหรือในเวลา 24 ชั่วโมง โดยแสดงถึงเส้นทางและพื้นที่ๆมวลอากาศเคลื่อนที่ผ่านในช่วงเวลาดังกล่าว โดยมีตำแหน่งสิ้นสุดของมวลอากาศอยู่ที่สถานีวัดค่า PM_{10} ที่จังหวัดน่าน (รหัสสถานี A67 ตำแหน่งที่ตั้งที่ ละติจูด 19.9092 ลองติจูด 99.8234 องศา) โดยแสดงผลเป็นเส้นทางที่มวลอากาศเคลื่อนที่ผ่านในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงต่อแบบจำลอง

สำหรับขั้นตอนมีรายละเอียดในการดำเนินการ 2 ส่วนใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

3.2.1 เป็นขั้นตอนการศึกษาการเคลื่อนตัวของมวลอากาศแบบย้อนหลัง

โดยเป็นการป้อนค่าต่างในแบบจำลอง Hysplit โดยค่าที่ป้อน ได้แก่ พิกัดของจุดสิ้นสุดการเคลื่อนตัวของมวลอากาศหรืออนุภาค ซึ่งในที่นี้ก็คือ สถานีวัดค่าPM_{10} รหัสสถานี A67 ตำแหน่งที่ตั้งที่ ละติจูด 19.9092 ลองติจูด 99.8234 องศา และเลือกการคำนวณการเคลื่อนตัวของมวลอากาศแบบย้อนหลัง (Backward trajectory) โดยกำหนดเวลาเป็น 24 ชั่วโมง โดยกำหนดให้แสดงผลการคำนวณการเคลื่อนตัวของมวลอากาศแบบย้อนกลับในรูปแบบเวกเตอร์

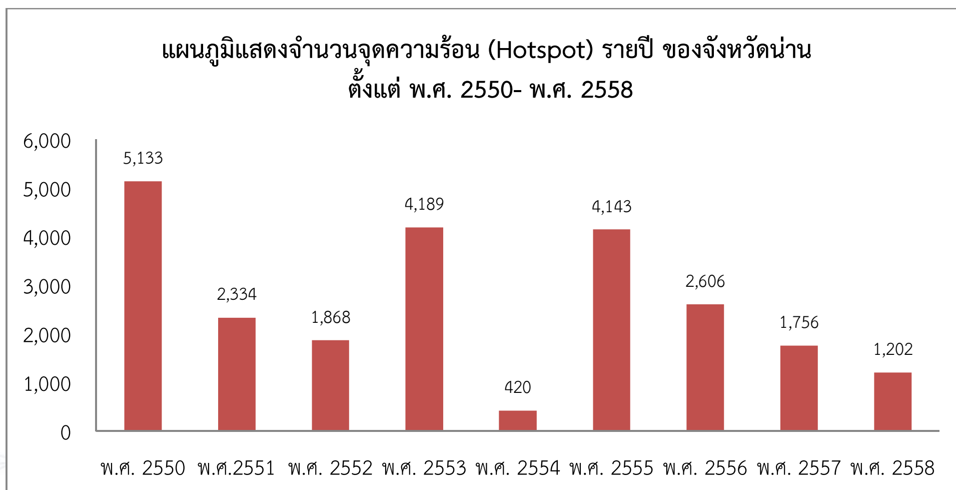
3.2.2 นำผลที่ได้จากข้อ 3.2.1 ซ้อนทับกับข้อมูลแนวเขตการปกครองของพื้นที่จังหวัดน่านและนำข้อมูลการเกิดจุดเผาในจังหวัดน่านมาซ้อนทับร่วมด้วย และแสดงผลเป็นแผนที่แสดงจุดเผาในแต่ละอำเภอพร้อมด้วยทิศทางการเคลื่อนตัวของมวลอากาศแบบย้อนหลังรายวันของเดือนมีนาคมในช่วงปี พ.ศ. 2550-2558

4. ผลการวิจัย

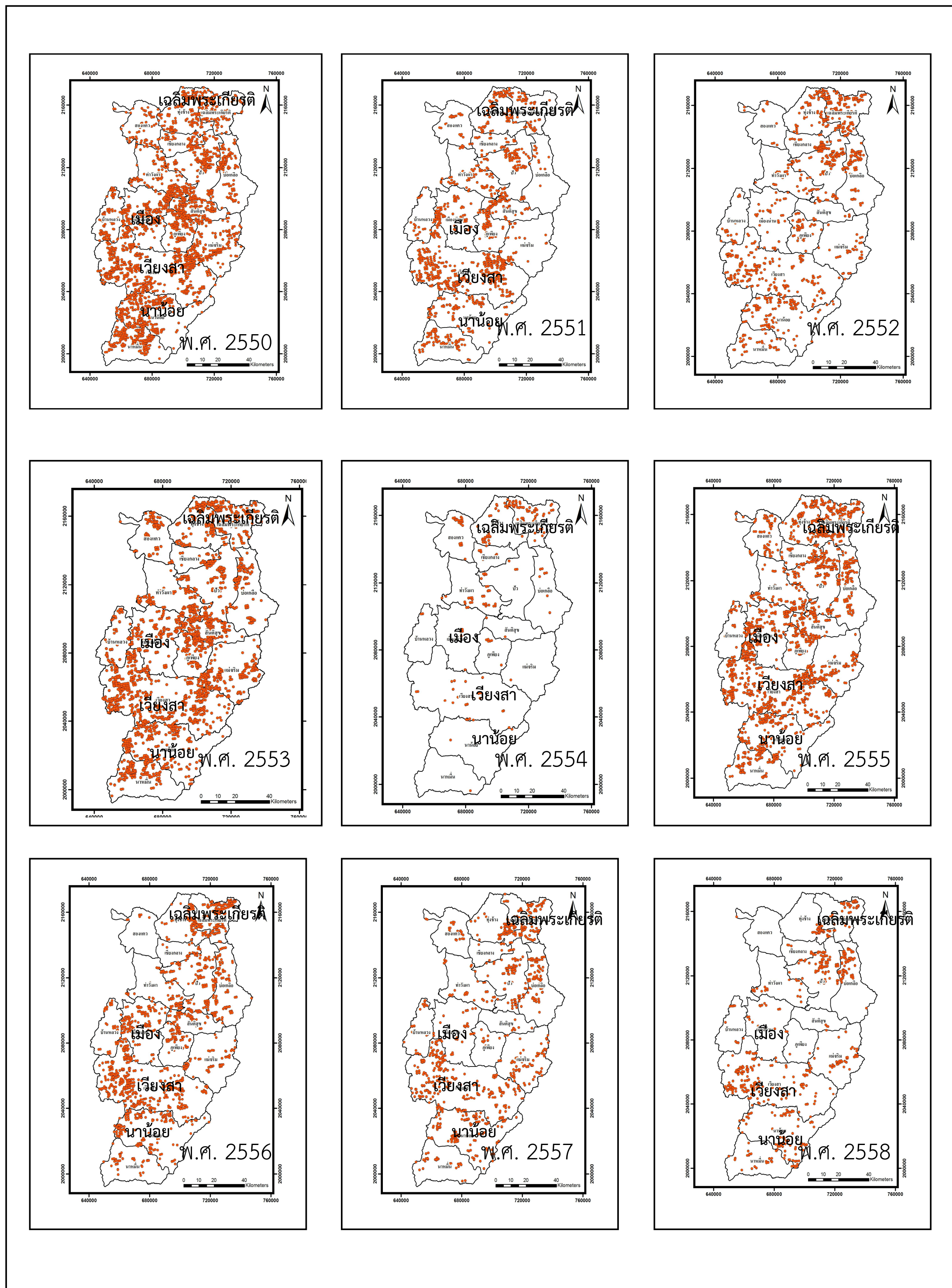
ผลการวิจัยแบ่งเป็น 2 หัวข้อดังต่อไปนี้

4.1 การเกิดจุดความร้อนของจังหวัดน่าน

ผลการศึกษาการเกิดจุดความร้อนในเดือนมีนาคมในพื้นที่จังหวัดน่านใน พ.ศ. 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557 และ 2558 พบจุดความความร้อนที่เกิดขึ้นจำนวน 5,133, 2,334, 1,868, 4,189, 420, 4,143, 2,606, 1,756 และ 1,202 จุด รวมทั้งสิ้น 23,651 จุด (รูปที่ 1) จะเห็นได้ว่าปี พ.ศ.2550 เป็นปีที่พบจุดความร้อนมากที่สุด รองลงมาคือ 2553 และ 2555 โดยมีจำนวนจุดความร้อน 5,133 4,189 และ 4,143 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบว่าในปี พ.ศ. 2554 เป็นปีที่พบจุดความร้อนน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องมาจากปรากฏการณ์ลานิญาที่ทำให้มีฝนตกในเดือนมีนาคม จึงเป็นเหตุให้พบจุดความร้อนในปี พ.ศ. 2554 นี้ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ศุทธินี ดนตรี และคณะ (2554) และ นิอร สิริมงคลเลิศกุล และ ศราวุธ พงษ์ลี้รัตน์ (2556) เมื่อพิจารณาการเกิดจุดความร้อนในรายอำเภอพบว่าอำเภอที่พบจุดความร้อนมากที่สุด ได้แก่ อำเภอเวียงสา นาน้อย และ อำเภอเฉลิมพระเกียรติ ตามลำดับ(รูปที่ 2)

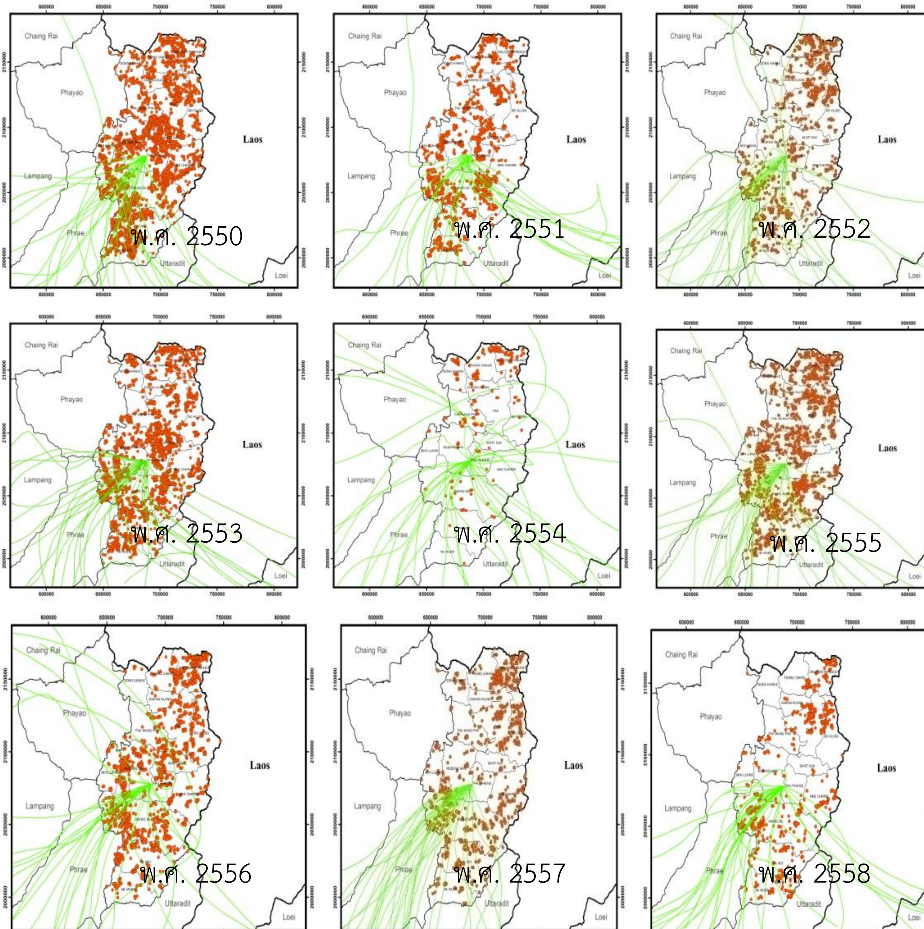


รูปที่ 1: จุดความร้อน (Hotspot) รายปี ของจังหวัดน่าน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550-พ.ศ. 2558



รูปที่ 2: จุดความร้อน (Hotspot) รายปี รายอำเภอ ของจังหวัดน่าน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550-พ.ศ. 2558

4.2 การเคลื่อนตัวของมวลอากาศแบบย้อนหลัง (Backward trajectory) รายวัน ณ สถานีวัดค่า PM_{10} ของจังหวัดน่าน จากการใช้แบบจำลอง HYSPLIT เพื่อดูการเคลื่อนที่ของมวลอากาศมายังจังหวัดน่าน ณ จุดที่ตั้งสถานีวัดค่า PM_{10} ด้วยการจำลองย้อนหลังการเคลื่อนที่ของมวลอากาศไป 24 ชั่วโมงในช่วงเดือนมีนาคมของปี พ.ศ. 2550-2558ผลการศึกษาพบว่ามวลอากาศส่วนใหญ่เคลื่อนที่ในทิศตะวันตกเฉียงใต้โดยมีจุดเริ่มต้นนอกเขตพื้นที่จังหวัดน่าน อย่างไรก็ตามเมื่อทำการซ้อนทับทิศทางการเคลื่อนที่ของมวลอากาศกับจุดความร้อนในช่วงเวลาเดียวกัน พบว่าลักษณะการเคลื่อนที่ของมวลอากาศก่อนเดินทางถึงสถานีวัดค่า PM_{10} ของจังหวัดน่านนั้นส่วนใหญ่ต้องผ่านพื้นที่ของ อำเภอเวียงสา และอำเภอนาน้อย (รูปที่ 3) ซึ่งต่างก็เป็นพื้นที่ๆพบจุดความร้อนมากที่สุดในพื้นที่จังหวัดน่าน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการที่จังหวัดน่านต้องเผชิญกับสภาวะค่า PM_{10} มีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด (120 ไมโครกรัม/คิวบิกเมตร) ในช่วงเดือนมีนาคมของทุกปีนั้นน่าจะมีแหล่งกำเนิดของหมอกควันอันเกิดจากการเผาในพื้นที่ของจังหวัดน่านเองเป็นหลักและอาจได้รับผลจากหมอกควันอันเกิดจากแหล่งกำเนินระยะไกลด้วย



รูปที่ 3: ทิศทางการเคลื่อนที่ของมวลอากาศแบบย้อนหลัง (Backward trajectory) เข้าสู่สถานีวัดค่า PM_{10} ณ ตำบลเวียงในอำเภอเมือง จังหวัดน่าน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550-พ.ศ. 2558

5. วิจารณ์และสรุปผล

จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าการเกิดจุดความร้อนในช่วงเดือนมีนาคมตั้งแต่ พ.ศ. 2550-พ.ศ. 2558 ของพื้นที่จังหวัดน่านมีจำนวนจุดความร้อนตั้งแต่ 400-5000 จุด โดยปีที่พบจุดความร้อนน้อยที่สุดคือ ปี พ.ศ. 2554 ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ลานิญาที่ทำให้เกิดฝนตกในเดือนมีนาคมซึ่งต่างก็สอดคล้องกับการศึกษาเกี่ยวกับจุดความร้อนในพื้นที่อื่นในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย (ศุทธินี ดนตรี และคณะ, 2554 และ นิอร สิริมงคลเลิศกุล และ ศราวุธ พงษ์ลี้รัตน์, 2556) ที่พบว่าในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 จุดความร้อนในทุกพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยลดลง อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่าถึงแม้นว่าสภาพอากาศไม่เอื้ออำนวยต่อการเกิดจุดความร้อน และเมื่อพิจารณาเชิงพื้นที่แล้วพบว่าอำเภอเวียงสา นาน้อย และอำเภอเฉลิมพระเกียรติ ต่างก็เป็นพื้นที่ๆพบจุดความร้อนค่อนข้างมากเป็นประจำทุกปี จากการศึกษาของ เขมรัฐ เถลิงศรี และสิทธิเดช พงศ์กิจวรสิน (2555) พบว่าจังหวัดน่านเป็นจังหวัดที่ทำการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นอันดับสองของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่อำเภอเวียงสาเป็นอำเภอที่ทำการปลูกข้าวโพดมากที่สุดในจังหวัดน่าน โดยพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ลาดชันและเป็นพื้นที่ๆไม่มีเอกสารสิทธ์ ดังนั้นเกษตรกรจึงนิยมเลือกการเผาเป็นการเตรียมพื้นที่สำหรับการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดังกล่าวโดยมักจะทำการเผาในช่วงเดือนมีนาคมของทุกปี ดังนั้นจุดความร้อนอันเกิดจากการเผาเพื่อการเตรียมพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของจังหวัดน่านนั้นจึงเป็นสาเหตุหลักของปัญหาหมอกควันอย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาการเคลื่อนที่ของมวลอากาศแบบย้อนหลัง 24 ชั่วโมงทำให้เห็นได้ชัดว่าจังหวัดน่านไม่ได้เผชิญแต่ปัญหาหมอกควันที่เกิดจากการเผาในพื้นที่ของตนเองเท่านั้นแต่ยังเกิดจากการเผาในพื้นที่ๆไกลออกไปอีกด้วย

อย่างไรก็ตามหากต้องการลดค่าฝุ่นละอองในอากาศด้วยการลดจุดความร้อนพื้นที่ๆควรให้ความสำคัญเป็นอันดับต้นๆของจังหวัดน่านได้แก่ อำเภอเวียงสา นาน้อย และ อำเภอเฉลิมพระเกียรติ นอกจากนี้ยังต้องทำการลดจุดความร้อนในพื้นที่ข้างเคียงอีกด้วย

6. ข้อเสนอแนะ

เพื่อความสมบรูณ์ของการศึกษาควรมีการเปรียบเทียบข้อมูล PM_{10} กับการเกิดจุดความร้อนในช่วงเวลาเดียวกันเพื่อดูความสอดคล้องกันของการเกิดจุดความร้อนและการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของ PM_{10} และทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงเวลาดังกล่าว เพื่อทำให้ทราบสาเหตุและพฤติกรรมของการเผากับการใช้ประโยชน์ที่ดิน อันจะนำไปสู่ทางออกของการแก้ไขปัญหาหมอกควันอย่างยั่งยืนของจังหวัดน่านต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

กัมปนาท ดีอุดมจันทร์ และอนุสรณ์ รังสิพานิช. (2550). Analysis of Forest Fire Risk Area Using Remote Sensing and GIS Techniques. **วารสารสมาคมสำรวจระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย**, 8:3.

กรมควบคุมมลพิษ. (2548). **แผนแม่บทแห่งชาติว่าด้วยการควบคุมการเผาในที่โล่ง.** กรุงเทพฯ: ส่วนแผนงานและประมวลผล สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ.

เขมรัฐ เถลิงศรี และ สิทธิเดช พงศ์กิจวรสิน. (2555). **นักวิจัยเศรษฐศาสตร์ จุฬาฯ ชี้แก้วงจรอุบาทว์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จ.น่าน รัฐอย่างส่งสัญญาณผิด ต้องหากลไหช่วยชาวบ้านปรับตัว.** สืบค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2556, จาก http://thaipublica.org/2012/10/researchers-suggested-maize-crop-cycle/.

เจียมใจ เครือสุวรรณ ชาคริต โชติอมรศักดิ์ ภาคภูมิ รัตน์จิรานุกูล และ อรวรรณ วิรัลห์เวชยันต์. 2551 ใน มงคล รา ยะนาคร. (2553). **หมอกควันและมลพิษทางอากาศในจังหวัดเชียงใหม่**. เชียงใหม่ : ล๊อคดินพีไซน์เวิร์ด.

นิอร สิริมงคลเลิศกุล และ ศราวุธ พงษ์ลี้รัตน์. (2556). **แผนที่เสี่ยงภัยสำหรับการเผาในที่โล่งจากข้อมูลเชิงพื้นที่หลายแหล่งของจังหวัดเชียงราย**. เชียงใหม่.

มงคล รายะนาคร. (2553). **หมอกควันและมลพิษทางอากาศในจังหวัดเชียงใหม่**. เชียงใหม่ : ล๊อคดินพีไซน์เวิร์ด.

ศุทธินี ดนตรี, สัญญา ทุมตะขบ พิภพ ชำนิวิกัยพงศ์ และ ศุภลักษณ์ หน้อยสุยะ. (2554). **รายงานวิจัยฉบับสมบรูณ์ การจัดลำดับความสำคัญของพื้นที่เผาจากข้อมูลเชิงพื้นที่หลายแหล่ง เพื่อการเฝ้าระวังและการป้องกันการเผาในที่โล่งในจังหวัดเชียงใหม่**. ภายใต้การสนับสนุนของแผนงานสร้างเสริมนโยบายสาธารณที่ดี (นสธ.) เชียงใหม่: ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

หนึ่งฤทัย ยะสง่า, ภัทรินี ไตรสถิต และ สุคนธ์ ประสิทธิ์วัฒนเสรี. (2553). **การระบุรูปแบบการเคลื่อนที่ของของมวลอากาศแบบย้อนกลับเข้าสู่เชียงใหม่และและกรุงเทพมหานครโดยใช้การวิเคราะห์แบบกลุ่ม**. สืบค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2556, จาก http://www.stat.science.cmu.ac.th/~wathaminsan/CD-ROM/Poster_Presentation/20_121_P082.pdf.

ภาษาอังกฤษ

Agren, C. (2009). **Long range transboundary air pollution**. Retrieved April 22, 2015, from: http://analysis3.com/Long-Rang-Transboundary-Air-Pollution--ENCYCLOPEDIA-OF-LIFE-download-w33619.pdf.

Begum, Bm A., Kim, E., Jeong, C.H, Lee, D. W, Ke, P. K. (2005). Evaluation of the potential source contribution function using the 2002 Quebec forest fire episode. **Atmospheric Environment, 39**(20), 3719-3724.

Danutawat Tipayaron & Oanh, N.T. K. (2007). Effects from open rice straw burning emission on air quality in the Bangkok metropolitan region. **Science Asia, 33**, 339-345.

Glossary of Environment Statistics. (1997). **Studies in Methods**. Retrieved August 9, 2015, from: http://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=1558

FIRMS Web Fire Mapper. (2554). Retrieved April 22, 2015, from: http://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/firemap/

Kim Oanh and Leelasakultum, K. (2011). Analysis of meteorology and emission in haze episode prevalence over mountain-bounded region for early warning. **International. J. The Science of the environment, 409**, 2261-2271.

Leelasakultum, K. (2009). **The Chiang Mai haze episode in March 2007: Cause investigation and exposure assessment**. Master's thesis. Asian Institute of Technology.

Manomaiphiboon, K. (2007). **Examination of Potential Fire Emissions for a March-2007 Haze Episode in Upper Northern Region of Thailand Using Trajectory Modeling**. Paper presented at Asian-Pacific Regional Conference on Practical Environmental Technologies, August , 2007, Khon Kaen, Thailand.

Morisette, J. T., Giglio, L., Csiszar, I. A. & Justice, C. O. (2005). Validation of the MODIS active fire product over Southern African with ASTER data. **Int. J. Remote Sens, 26**(4), 239-4264.

Nion Sirimongkonlertkul, Preecha Upayokhin1 and Vivarad Phonekeo. (2013). Multi-Temporal Analysis of Haze Problem in Northern Thailand: A Case Study in Chiang Rai Province. **Kasetsart J. (Nat. Sci.), 47**, 768 – 780.

Phonekeo V.; Gunasekara, K. & De Silva, R. (2009). Fire and Thermal Anomaly Monitoring in Laos Using MODIS Automatic Near Real-Time System. **Proceedings of the 30th Asia Conference on Remote Sensing (ACRS)**, Beijing, China,.

Phonekeo V., Sann Oo. & Samnrakoon, L. (2006). Development of MODIS information system for forest fire monitoring in South East Asia. **Proceedings of the 27th Asia Conference on Remote Sensing (ACRS)** Ulaanbaatar, Mongolia.

Prapat Pentamwa & Oanh, N. T. K. (2008). Air quality in Southern Thailand during haze episode in relation to air mss trajectory. **Songklanakarin Journal of Science and Technology, 30**, 539-546.

Suchart Podchong. (2010). **Forest fire risky map assessment in Thailand**. Retrieved February 9, 2001, from http://www. dnp.go.th/forestfire/2553/forest%20fire%20assessment.pdf.

Vanisa Surapipith. (2008). **The Transport of Air Pollutants in Asia: A Report on Thailand Air Quality Modeling Effort**. Report for the 10th Worshop on th Transport of Air Pollutants in Asia (Model

Intercomparison Study – MICS-Asia) Internation Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), February, 2008, Laxenburg, Austria.

Veerachai Tanpipat, Kiyoshi Honda and Prayoonyong Nuchaiya. (2009). MODIS hotspot validation over Thailand. **Remote Sens, 1**(4), 1043-1054.

Yootthapoom Potiracha, Thanwart Anan and Anusorn Rungsipanich. (2007). Validation of hotspot from MOD14 in Thailand. **Proceeding of the 28th Asian Conference on Remote Sensing**, Kuala, Lumpur.

การทำแผนที่ดินลูกรังจังหวัดขอนแก่นด้วยภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8

LateriticSoil Mapping in KhonKaen Province using Landsat 8 Satellite Image

ไชยฤทธิ์ เศวตวงษ์ และพิพัธน์ เรืองแสง

ChaiyaritSawetwong andPipatReungsang

มหาวิทยาลัยขอนแก่น ภาควิชาคอมพิวเตอร์

สาขาวิชาการรับรู้จากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

โทรศัพท์. 0-4336-2188-90 ต่อ 101-105 โทรสาร. 0-4334-2910e-mail: chaiyarit.s@kkumail.com

บทคัดย่อ

ในอนาคตอันใกล้นี้ประเทศไทยจะเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน จังหวัดขอนแก่นเป็นจังหวัดหนึ่งที่สำคัญเนื่องจากอยู่ในเส้นทางระเบียงเศรษฐกิจตะวันออก-ตะวันตกของประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน ทำให้มีการลงทุนและการขยายตัวของเมืองมากขึ้น ส่งผลให้มีความต้องการใช้ทรัพยากรในการก่อสร้างเพิ่มขึ้น ดินลูกรังเป็นหนึ่งในทรัพยากรที่สำคัญที่ต้องใช้ในการก่อสร้าง โดยปกติทั่วไปการหาแหล่งดินลูกรังต้องอาศัยการลงพื้นที่สำรวจโดยผู้เชี่ยวชาญที่ต้องใช้งบประมาณค่อนข้างสูงและเวลานาน ดังนั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาแหล่งดินลูกรังการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของเหล็กออกไซด์และดัชนีพืชพรรณจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ร่วมกับการวิเคราะห์ธรณีสัณฐานจากแผนที่ธรณีวิทยาด้วยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อจัดทำแผนที่ดินลูกรังในจังหวัดขอนแก่น แผนที่ที่ได้สามารถนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจอย่างรวดเร็วและประหยัดค่าใช้จ่ายในการเลือกพื้นที่พัฒนาแหล่งดินลูกรังได้

คำสำคัญ: แผนที่ดินลูกรัง, เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ, ภาพถ่ายดาวเทียม, จังหวัดขอนแก่น

ABSTRACT

In the near future, Thailand will become member of Asian Economic Community (AEC). Khon Kean is one of the important provinces due to locating in the East-West economic corridor of AEC where investment and expansion of the city has increased. As the result, demand for construction material increases. Lateritic soil is one of important materials which is widely used in the construction. In general, determining of lateritic soil needs survey for site visit by specialists which is expensive and time consuming.To improve locating efficiency of lateritic soil areas, this study analyzed the property of iron oxide and vegetation index from Landsat 8, Satellite image together with analysis of geomorphology from geologic map by using geo-information technology for creating lateritic soil of Khon Kean Province. The map could be used for money-saving and time-saving support decision in selection of lateritic soil areas.

KEYWORDS: Lateritic soil map, geo-information technology, satellite image, KhonKaen Province

1. บทนำ

ดินลูกรังเป็นดินที่กำเนิดในพื้นที่ภูมิอากาศแบบร้อนชื้นสลับกับแบบแห้งแล้ง พร้อมกับเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันต่ำถึงราบและระบายน้ำได้ดี มีลักษณะเด่นคือมีแร่เหล็กจำพวกฮีมาไทต์ (Fe_2O_3) และเกอไทต์ ($Fe_2O_3 \cdot H_2O$)กับแร่อลูมินัมออกไซต์ (Al_2O_3) เป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณที่สูง(สุมิตรา วัฒนา, 2548)มีค่าอัตราส่วนการสะท้อนระหว่างแบนด์ 3สีแดง (0.631- 0.692 μm) ต่อแบนด์ 1สีฟ้า (0.441- 0.514 μm)ของดาวเทียมLandsat 7ที่แอ่งแพร่ ทางภาคเหนือของประเทศ อยู่ที่ 1.46 (Soeaet al.,2008)ดินลูกรังเป็นทรัพยากรที่นิยมในงานก่อสร้าง จังหวัดขอนแก่นเป็นจังหวัดตั้งอยู่บนเส้นทางระเบียงเศรษฐกิจตะวันออก-ตะวันตกของประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน(สำนักงานประสานความร่วมมือระหว่างประเทศ, 2554)จากรายงานการศึกษาเรื่อง สถานการณ์และแนวโน้มอสังหาริมทรัพย์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งวิเคราะห์สถานการณ์และแนวโน้มอสังหาริมทรัพย์ที่เจริญเติบโตรองรับการขยายเมือง และการเข้าสู่ประชาคมอาเซียนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าในปี 2555 พื้นที่ก่อสร้างที่อยู่อาศัยคอนกรีตหรือบ้านจัดสรรในจังหวัดขอนแก่นมีการขยายตัวมากเป็นอันดับสามของกลุ่มภาคอีสานตอนกลางรองจากจังหวัดร้อยเอ็ดและจังหวัดบึงกาฬโดยมีการขยายตัวร้อยละ34.5(สำนักพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, 2557)และเศรษฐกิจจังหวัดขอนแก่น ในปี 2558ด้านอุปสงค์ภายในจังหวัดขอนแก่นคาดว่ามีแนวโน้มขยายตัว โดยเป็นผลมาจากการบริโภคของภาคเอกชน ซึ่งคาดว่าจะขยายตัวในอัตราร้อยละ 6.6 (โดยมีช่วงคาดการณ์ที่ ร้อยละ 5.9-7.3) การใช้จ่ายของภาครัฐคาดว่าจะขยายตัวในอัตราร้อยละ 5.0 (โดยมีช่วงคาดการณ์ที่ร้อยละ 4.2-5.8) และการลงทุนภาคเอกชนคาดว่าจะขยายตัวในอัตราร้อยละ 6.2 (โดยมีช่วงคาดการณ์ที่ร้อยละ 5.0–8.0) เนื่องจากผู้ประกอบการขยายการลงทุนเพิ่มขึ้นเพื่อรองรับการเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC)โดยเฉพาะการลงทุนภาคอสังหาริมทรัพย์ (กรมบัญชีกลาง, 2558) การสำรวจหาแหล่งทรัพยากรดินลูกรังจึงมีความจำเป็นเพื่อรองรับความต้องการทรัพยากรในการก่อสร้าง ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการทำแผนที่แหล่งทรัพยากรดินลูกรังของจังหวัดขอนแก่น โดยนำข้อมูลค่าการสะท้อนของแบนด์ที่ 4 สีแดง (0.636 – 0.673 μm) เทียบกับแบนด์ที่ 2 สีฟ้า(0.452 – 0.521 μm) จากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8เพื่อหาอัตราส่วนของเหล็กออกไซด์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ตัวหนึ่งของดินลูกรังเทียบกับค่าการสะท้อนของแหล่งดินลูกรังที่ดัดแปลงจากการศึกษาที่แอ่งแพร่กับค่าการสะท้อนของบริเวณที่เหลือทั้งหมดของพื้นที่ศึกษาในการหาแหล่งดินลูกรังใหม่ผลข้อมูลจากวิธีดังกล่าวได้นำมาเพิ่มความถูกต้องกับค่าดัชนีพืชพรรณที่แสดงพื้นที่ของพืชพรรณที่ปกคลุมดินอยู่หนาแน่นและพื้นที่แหล่งน้ำ ร่วมกับการดิจิไทซ์ตามหมวดหินทางธรณีจากแผนที่ธรณีวิทยาเพื่อจัดทำแผนที่แหล่งดินลูกรังในจังหวัดขอนแก่น

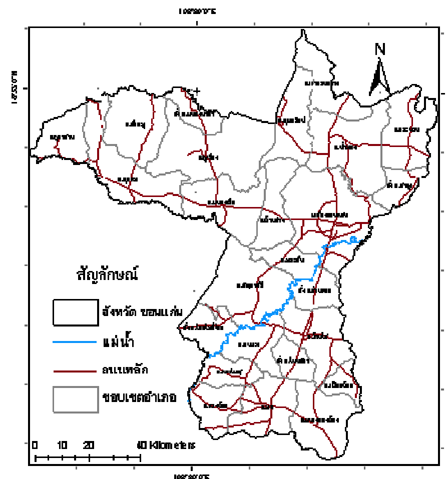
2. วัตถุประสงค์

เพื่อจัดทำแผนที่แหล่งดินลูกรังในจังหวัดขอนแก่น โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8

3. วิธีการวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษาที่ตั้งและภูมิประเทศ

จังหวัดขอนแก่น(รูปที่ 1) ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 25-17 องศาเหนือและเส้นแวงที่ 101-103 องศาตะวันออก ซึ่งอยู่บริเวณตอนกลางของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ห่างจากกรุงเทพมหานคร 445 กิโลเมตร มีพื้นที่ 10,885.99 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 6.8 ล้านไร่ ภูมิประเทศเป็นพื้นที่ราบ มีลักษณะสูงต่ำสลับเป็นลูกคลื่นลาดเทไปทางทิศตะวันออกและทิศใต้ มีที่ราบลุ่มแถบลุ่มน้ำชีและลุ่มน้ำพอง พื้นที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลางเฉลี่ย 100-200 เมตรอาณาเขตทิศเหนือติดกับจังหวัดอุดรธานีเลยและหนองบัวลำภู ทิศใต้ติดกับจังหวัดนครราชสีมาและบุรีรัมย์ ทิศตะวันออกติดกับจังหวัดกาฬสินธุ์และมหาสารคาม ทิศตะวันตกติดกับจังหวัดชัยภูมิและเพชรบูรณ์(สำนักงานจังหวัดขอนแก่น, 2556)



รูปที่ 1 แผนที่แสดงขอบเขตอำเภอในจังหวัดขอนแก่น

3.2 ธรณีวิทยาในพื้นที่

ธรณีวิทยาในพื้นที่ (รูปที่ 2) มีกลุ่มหินโคราชวางตัวแบบไม่ต่อเนื่องบนหินยุคที่แก่กว่า โดยที่ส่วนล่างสุดมักพบชั้นหินกรวดมน ปัจจุบันกลุ่มหินโคราชแบ่งออกเป็น 9 หมวดหิน โดยมีลำดับหมวดหินจากล่างไปหาบนได้ ดังนี้

หินมหายุคมีโซโซอิก ได้แก่หมวดหินห้วยหินลาด ประกอบด้วยหินกรวดมน ซึ่งมีกรวดของหินปูนมาก รวมทั้งหินไรโอไลต์และหินอื่นด้วย ตามความหมายของ Iwai et al. (1966) หมวดหินห้วยหินลาดประกอบด้วยหินทราย หินทรายแป้ง หินดินดานสีเทา ซึ่งมีซากดึกดำบรรพ์ใบไม้ หอยสองฝา ชื่อ Euestheriamansuyiเรณูและสปอร์ (pollen and spore)(Haile, 1973) และ Phytosaur (Buffetautand Ingawat, 1982) บ่งอายุปลายยุคไทรแอสซิก หมวดหินนี้วางตัวอยู่บนหินปูนยุคเพอร์เมียนแบบรอยชั้นสัมผัสไม่ต่อเนื่อง

หมวดหินน้ำพองเป็นหมวดหินล่างสุดของกลุ่มหินโคราชที่เริ่มมีสีแดง (Ward และ Bunnag, 1964) โดยเฉพาะทางโคราชด้านตะวันตก หมวดหินน้ำพองประกอบด้วยชั้นหินทรายแป้ง หินทรายและหินกรวดมน สลับกันเป็นชั้นหนาวางตัวต่อเนื่องจากหมวดหินห้วยหินลาด ในขณะที่บางบริเวณวางตัวอยู่บนหินปูนยุคเพอร์เมียนแบบรอยชั้นไม่ต่อเนื่อง หมวดหินนี้หนาประมาณ 1,465 เมตร

หมวดหินภูกระดึงวางตัวอยู่บนหมวดหินน้ำพองหรือบนหินยุคเพอร์เมียนในบริเวณที่ไม่มีหมวดหินน้ำพอง ประกอบด้วยหินทรายแป้ง หินทรายสีเทาอมเขียว หินโคลน และหินกรวดมนเนื้อปูนผสม มีซากดึกดำบรรพ์ชิ้นส่วนของกระดูกและฟันพลีสิโอซอร์ และกระดูกไดโนเสาร์ (Buffetaut et al., 1997) ความหนาของหมวดหินนี้ที่บริเวณภูกระดึงประมาณ 1,001 เมตร

หมวดหินพระวิหารประกอบด้วยหินทรายเนื้อควอรตซ์ สีขาว มักแสดงลักษณะชั้นเฉียงระดับและมีชั้นบางๆ ของหินทรายแป้งสีเทาดำแทรก ความหนาของหมวดหินนี้แตกต่างกันในแต่ละบริเวณ ตั้งแต่ 56-136 เมตร

หมวดหินเสาขัว ประกอบด้วยหินทรายแป้ง หินโคลน และหินกรวดมนปนทราย มีชั้นหินค่อนข้างหนา ซึ่งความหนาของหมวดหินนี้ในบริเวณเสาขัว หนา 512 เมตร มีซากดึกดำบรรพ์หอยกาบเดี่ยว(gastropod) พวก Naticoid, พวกหอยกาบคู่ชื่อ Trigoniodides sp. และ Plicatounio sp. (Meesook et al., 1995) และพวกไดโนเสาร์กินพืช (Buffetaut et al., 1997) จากซากดึกดำบรรพ์ที่พบนี้ คาดว่าหินมีอายุครีเทเชียสตอนต้น (Early Cretaceous)

หมวดหินภูพาน มีลักษณะค่อนข้างเด่นโดยเฉพาะประกอบด้วยหินทรายปนหินกรวดมนชั้นหนา ที่แสดงการวางชั้นเฉียงระดับ มีรายงานพบเศษชิ้นส่วนของกระดูกไดโนเสาร์ นอกจากนั้นยังพบว่ามีสารประกอบของพวกคาร์บอนเกิดอยู่ในหมวดหินนี้ด้วย ความหนาของหมวดหินนี้ ประมาณ 114 เมตร

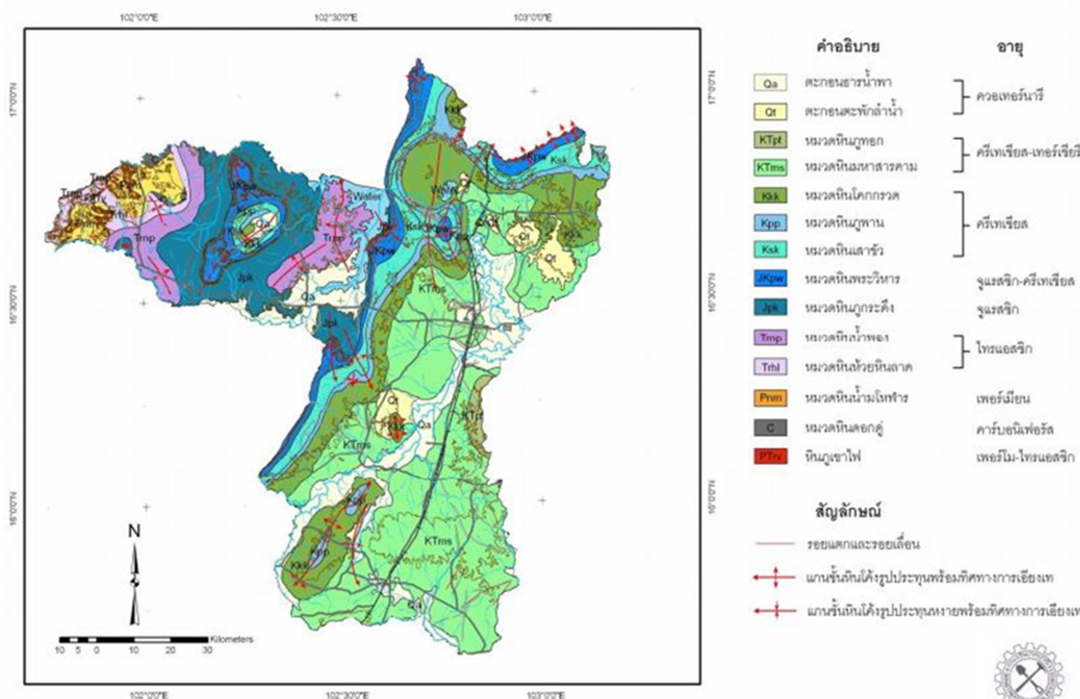
หมวดหินโคกกรวด ประกอบด้วยหินทรายแป้ง หินทราย และหินทรายแป้งปนปูน (caliche-siltstone) หินกรวดมน มีซากดึกดำบรรพ์เศษชิ้นส่วนของไดโนเสาร์ชนิดกินพืช เต่า และปลา (Buffetaut et al., 1997) หมวดหินนี้มีความหนาประมาณ 709 เมตร

หมวดหินมหาสารคาม ประกอบด้วยหินทรายแป้ง และหินทราย มีชั้นโพแทช ยิปซัมและเกลือหิน หนาเฉลี่ย 200 เมตร หมวดหินนี้มีความหนาประมาณ 600 เมตร เกิดจากการสะสมตัวของแอ่งซึ่งอาจแยกกันเป็น 2 แอ่งคือ แอ่งสกลนครกับแอ่งโคราช อายุของหินมหาสารคามนี้มีอายุประมาณยุคครีเทเชียสตอนปลาย จากหลักฐานสนามแม่เหล็กบรรพกาล (Maranate and Vella, 1986) และจากไอโซโทปของแร่ หมวดหินมหาสารคามมีอายุประมาณ 100 ล้านปี

หมวดหินภูทอก ประกอบด้วยหินทรายเนื้อละเอียดสีแดง มีชั้นเฉียงระดับขนาดใหญ่ และหินทรายสีแดง พบชั้นเฉียงระดับขนาดเล็ก ความหนาของหมวดหินนี้ไม่ต่ำกว่า 200 เมตร โดยที่บริเวณชั้นหินแบบฉบับที่เขาภูทอกน้อย อำเภอศรีวิไล จังหวัดหนองคายมีความหนา 139 เมตร หมวดหินภูทอกโผล่กระจายตัวทั่วไปตามกลางแอ่งที่ราบสูงโคราชในบริเวณที่ไม่มีดินปกคลุม หินทรายนี้เกิดจากการสะสมตัวในสภาพแวดล้อมแบบตะกอนพัดพาจากน้ำและลม(กรมทรัพยากรธรณี, 2550)

หินโคลนตอนบน ประกอบด้วย หินโคลนสีแดงอิฐ หินทรายแป้ง และหินทรายสีแดง พบมีชั้นยิปซัมเป็นชั้นและเลนส์ พบวางตัวอยู่บนชั้นหมวดหินมหาสารคามแบบไม่ต่อเนื่อง(กรมทรัพยากรธรณี, 2550)

หินมหายุคซีโนโซอิก ยังไม่มีหลักฐานยืนยันแน่นอนว่ามีหินยุคเทอร์เชียรี ซึ่งเป็นส่วนล่างของมหายุคซีโนโซอิก ในบริเวณที่ราบสูงโคราช นอกจากอนุมานจากชั้นหินที่ไม่แข็งตัวเหนือชั้นเกลือของหมวดหินมหาสารคามยุคครีเทเชียส-เทอร์เชียรี และอยู่ใต้ชั้นกรวดยุคควอเทอร์นารีที่พบไม้กลายเป็นหิน (กรมทรัพยากรธรณี, 2550)



รูปที่ 2แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดขอนแก่น(กรมทรัพยากรธรณี, 2552)

3.3ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษา

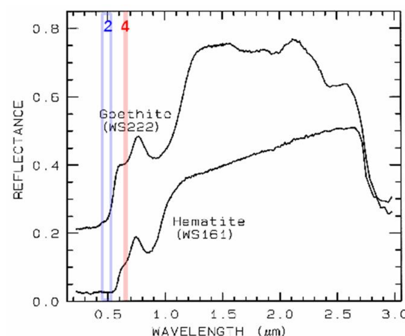
ข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 8 เป็นข้อมูลที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายและดาวน์โหลดได้ง่ายในการใช้งาน การศึกษาในครั้งนี้จึงเลือกใช้ข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 8 มาทำการศึกษา โดยทำการดาวน์โหลดภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ที่ครอบคลุมจังหวัดขอนแก่นทั้งจังหวัด และเป็นภาพปัจจุบันมากที่สุดต่อช่วงเวลาที่ทำการศึกษาครั้งนี้ โดยมีทั้งหมด 3 ภาพ จากเว็บไซต์ https://libra.developmentseed.org/ ประกอบด้วยโซน 48 Nถ่ายเมื่อวันที่ 28 ตุลาคม 2558 จำนวน2 ภาพ และโซน 47 N ถ่ายเมื่อวันที่ 19 ตุลาคม 2558 จำนวน 1 ภาพ

3.4การต่อภาพถ่ายดาวเทียม

ภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง 3 คือ แบนด์ 2 Blue,แบนด์ 4 Redและแบนด์ 5 NIRถูกนำมาทำการต่อให้เป็นภาพเดียวกัน หรือการทำ Mosaic Image ทั้ง 3 ภาพทำให้สะดวกต่อการประมวลผลและใช้งานภาพถ่ายดาวเทียมต่อไปโดยใช้เครื่องมือ Automatic Mosaic จากโปรแกรม Geomatica

3.5อัตราส่วนระหว่างแบนด์

อัตราส่วนระหว่างแบนด์เป็นเทคนิคของการรับรู้ระยะไกลจากภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อหาองค์ประกอบบนพื้นผิวโลกที่สนใจ โดยการนำช่วงคลื่นของภาพถ่ายดาวเทียม 2 ช่วงคลื่นมาหาอัตราส่วนระหว่างกันที่เลือกจากคุณสมบัติการดูดกลืนและการสะท้อนพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามากที่สุดของวัสดุนั้นทั่วทั้งพื้นที่ของชุดข้อมูล ยิ่งมีค่าต่างกันมากยิ่งเพิ่มความชัดเจนของวัสดุนั้นให้มากขึ้น การหาพื้นที่ที่มีองค์ประกอบของเหล็กออกไซต์ที่อยู่อย่างหนาแน่น เช่น แร่ฮีมาไทต์ (Fe_2O_3) และแร่เกอร์ไทต์ (Fe2O3•H2O)โดยใช้อัตราส่วนเหล็กออกไซด์(Iron Oxide Ratio)ด้วยการนำแบนด์ Red (แบนด์4) หารด้วยแบน Blue (แบนด์2)เนื่องจากเหล็กออกไซด์มีค่าการดูดกลืนพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าอย่างมากอยู่ในช่วงคลื่นแสงสีฟ้า (แบนด์2) และมีค่าการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอย่างมากอยู่ในช่วงคลื่นแสงสีแดง (แบนด์4) (รูปที่ 3) เพื่อหาพื้นที่ที่มีค่าการสะท้อนของเหล็กสูงโดยใช้ค่าดัดแปลงจากการศึกษาของSoea et al., (2008)ซึ่งใช้ค่าที่มากกว่า1.4จากเดิมใช้อยู่ที่ 1.46 เพื่อหาแหล่งดินลูกรังในพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 3แสดงการดูดกลืนในช่วงแบนด์ที่ 2 และการสะท้อนในช่วงแบนด์ที่ 4 จากดาวเทียม Landsat 8 ของเหล็กออกไซด์จำพวกแร่ฮีมาไทต์และแร่เกอร์ไทต์ดัดแปลงจาก Clark, (1999)

3.6ดัชนีพืชพรรณ

ดัชนีพืชพรรณ หรือ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) เป็นเทคนิคของการรับรู้ระยะไกลจากภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อหาพืชพรรณที่ปกคลุมพื้นผิวโลกอยู่ มีสูตรการคำนวณคือ NDVI = (แบนด์ 5 NIR – แบนด์ 4 Red) / (แบนด์ 5 NIR + แบน 4 Red)เนื่องจากพืชพรรณดูดกลืนช่วงคลื่นสีแดงมากและสะท้อนช่วงคลื่นใกล้อินฟาเรดมาก โดยค่าที่ได้จะมีค่า

ตั้งแต่ -1 ถึง 1 ในการศึกษานี้ใช้ค่าดัชนีพืชพรรณมาเพิ่มความถูกต้องของข้อมูล อัตราส่วนเหล็กออกไซต์ โดยตรวจหาในพื้นที่โล่งถึงพื้นที่ที่มีพืชปกคลุมต่ำ(ไม้พุ่มเตี้ย,ทุ่งหญ้า)ค่าดัชนีพืชพรรณจึงอยู่ระหว่าง 0 ถึง 0.3 (John Weierand David Herring, 2000)

3.7การจัดกลุ่มข้อมูลราสเตอร์

การวิเคราะห์ข้อมูลราสเตอร์เพื่อทำแผนที่ดินลูกรังด้วยการนำข้อมูลอัตราส่วนเหล็กออกไซด์และข้อมูลดัชนีพืชพรรณมากำหนดค่าใหม่ โดยใช้เครื่องมือ Reclassify (Spatial Analysis) จากโปรแกรม ArcMapกำหนดให้ค่าของอัตราส่วนเหล็กออกไซด์ที่มีน้อยกว่า 1.4 มีค่าเท่ากับ 1 ส่วนอัตราส่วนเหล็กออกไซด์ที่มีค่ามากกว่า 1.4 มีค่าเท่ากับ 2 และกำหนดให้ค่าดัชนีพืชพรรณตั้งแต่0 ถึง 0.3 มีค่าเท่ากับ 2 นอกนั้นมีค่าเท่ากับ 1

3.8การคำนวณข้อมูลราสเตอร์

การวิเคราะห์ข้อมูลราสเตอร์จากการนำค่าอัตราส่วนเหล็กออกไซต์บวกเข้ากับค่าดัชนีพืชพรรณโดยใช้เครื่องมือ Raster Calculator (Spatial Analyst) จากโปรแกรม ArcMapเพื่อหาพื้นที่ที่มีอัตราส่วนเหล็กออกไซต์สูง (มีค่าเท่ากับ 2) พร้อมกับเป็นพื้นที่โล่งถึงพื้นที่ที่มีพืชปกคลุมต่ำ (มีค่าเท่ากับ 2) ในการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เป็นดินลูกรัง

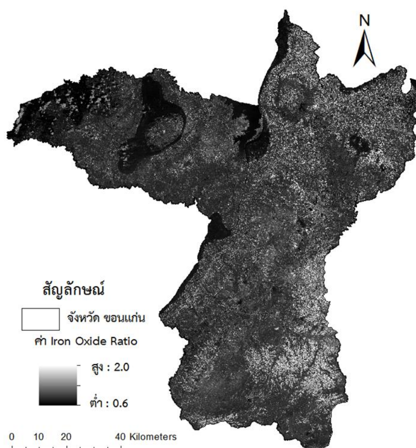
3.9การแสดงผลข้อมูลและการตีความ

ผลลัพธ์จากการคำนวณข้อมูลราสเตอร์แสดงบนแผนที่ Basemap และทำการดิจิไทซ์ ผลลัพธ์ที่มีการแสดงการกระจุกตัวของอัตราส่วนเหล็กออกไซต์ด้วยโปรแกรม ArcMapล้อมรอบข้อมูลจากขั้นตอนการประมวลผล โดยดิจิไทซ์แบ่งตามหมวดหินทางธรณีวิทยาจากแผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดขอนแก่น (รูปที่ 2)(กรมทรัพยากรธรณี, 2550)

4. อธิบายผลจากการวิเคราะห์

4.1อัตราส่วนระหว่างแบนด์

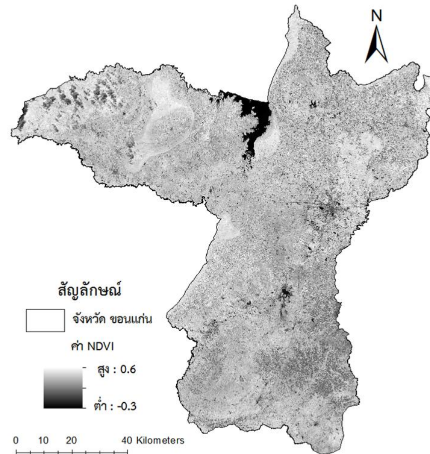
ค่าอัตราส่วนเหล็กออกไซต์สูงแสดงด้วยจุดสีขาวและค่าอัตราส่วนเหล็กออกไซต์ต่ำแสดงด้วยจุดสีดำ (รูปที่ 4) พบว่ามีค่าต่ำสุดอยู่ที่ 0.66 และมีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 2.0 ค่าอัตราส่วนเหล็กออกไซต์สูงพบที่ทางฝั่งตะวันออกเป็นหลักเนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีความชันต่ำหรือเป็นพื้นที่ที่เป็นที่ราบลูกฟูกเป็นส่วนมากทำให้มีการเปิดหน้าดินทำเกษตรกรรมมาก ต่างจากทางฝั่งตะวันตกเป็นพื้นที่ภูเขาสลับกับที่ราบ ทำให้เป็นพื้นที่ที่มีพืชพรรณปกคลุมหนาแน่นมากกว่า



รูปที่ 4ค่าอัตราส่วนเหล็กออกไซต์

4.2 ดัชนีพืชพรรณ

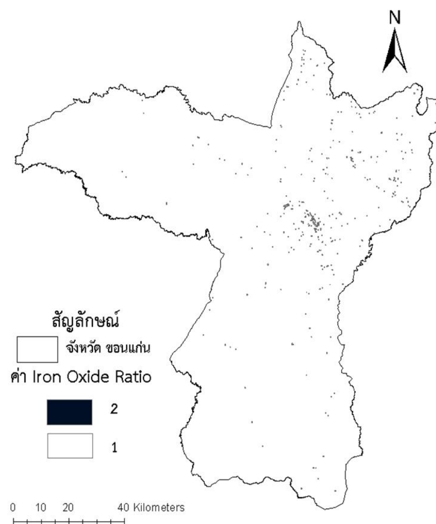
ดัชนีพืชพรรณที่มีค่าสูงแสดงด้วยจุดสีขาว พื้นที่ที่มีค่าต่ำแสดงด้วยจุดสีดำ (รูปที่ 5) มีค่าต่ำสุดอยู่ที่ -0.35 มีค่าสูงสุดอยู่ที่ 0.64จากผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ที่มีพืชพรรณมีความหนาแน่นมากทางตะวันตกเฉียงเหนือเนื่องจากเป็นพื้นที่ที่เป็นภูเขา ส่วนที่เหลือแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ที่มีการกระจายตัวของพืชพรรณสูงมีอยู่ทั่วไปยกเว้นบริเวณตัวเมืองขอนแก่น และบริเวณทางตะวันออกของจังหวัด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ราบ มีความชันต่ำหรือเป็นที่ราบลูกฟูก

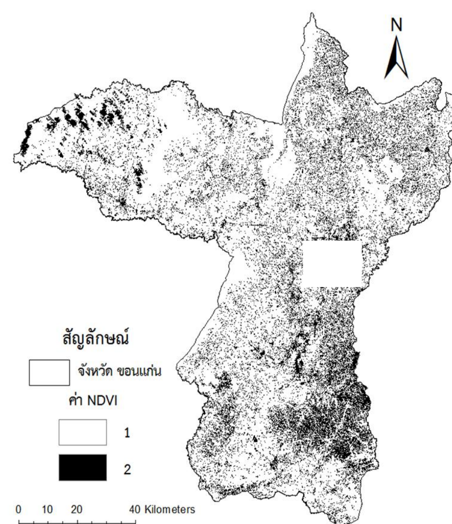


รูปที่ 5ค่าดัชนีพืชพรรณ

4.3 การจัดกลุ่มให้กับข้อมูลราสเตอร์

ผลการกำหนดค่าใหม่ให้กับข้อมูลราสเตอร์เป็นการคัดแยกพื้นที่ที่ต้องการที่มีคุณสมบัติค่าอัตราส่วนเหล็กออกไซต์พร้อมกับค่าดัชนีพืชพรรณที่ต้องการ (รูปที่ 6) แสดงให้เห็นว่าพื้นที่เหล็กออกไซต์ที่ต้องการ (มีค่ามากกว่า 1.4) กำหนดให้มีค่าใหม่เท่ากับ 2 นอกนั้นกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1 แสดงด้วยจุดสีดำนั้นมีน้อยมากจากพื้นที่ศึกษาทั้งหมด และค่าดัชนีพืชพรรณในพื้นที่ที่ต้องการ (ค่าตั้งแต่ 0-0.3) กำหนดให้มีค่าใหม่เท่ากับ 2 นอกนั้นกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1 แสดงด้วยจุดสีดำมีน้อยเช่นกันเนื่องจากพื้นทีส่วนใหญ่มีพืชปกคลุมอยู่มาก

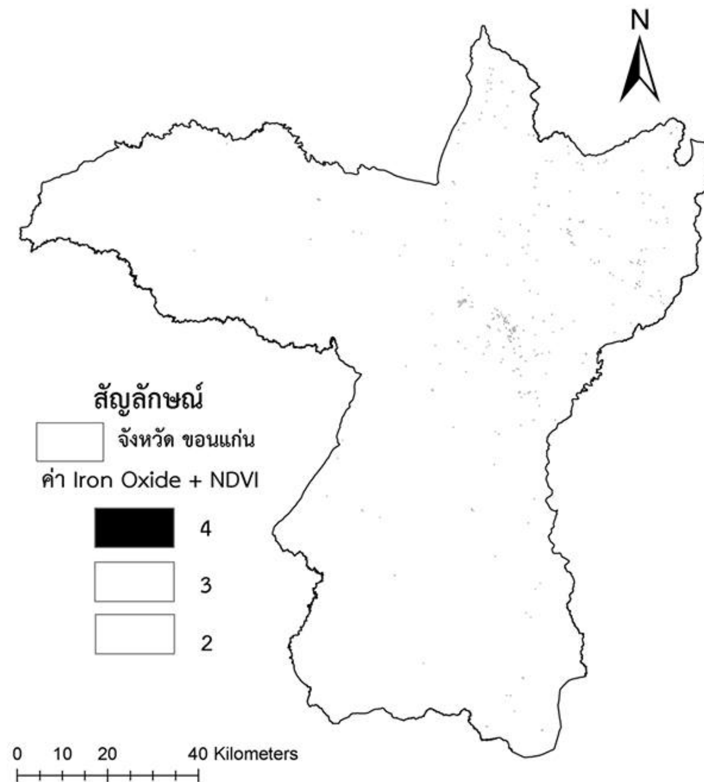




รูปที่ 6ค่าอัตราส่วนเหล็กออกไซต์ค่ามากกว่า 1.4 สีดำ(ทำเกินจริงเพื่อการ display เท่านั้น) (ซ้าย) ค่าดัชนีพืชพรรณค่าตั้งแต่ 0 ถึง 0.3 สีดำ(ขวา)

4.4 การคำนวณข้อมูลแบบราสเตอร์

ผลจากการคำนวณข้อมูลแบบราสเตอร์ช่วยเพิ่มความถูกต้องโดยแยกพื้นที่เฉพาะออกจากพื้นที่ที่มีค่าอัตราส่วนเหล็กออกไซต์ที่ต้องการ พื้นที่เฉพาะเป็นพื้นที่ที่เป็นน้ำเนื่องจากภาพถ่ายดาวเทียมที่นำมาใช้ศึกษานั้นเป็นช่วงฤดูฝน ทำให้มีการชะล้างตะกอนดินที่มีเหล็กออกไซต์อยู่ลงสู่แหล่งน้ำใกล้เคียง ซึ่งทำให้ผิวน้ำในพื้นที่นั้นมีความเข้มข้นของตะกอนดินที่มีเหล็กออกไซต์สูงตามไปด้วย ทำให้ค่าอัตราส่วนเหล็กออกไซต์ในพื้นที่ดังกล่าวสูงจนเข้าสู่ระดับที่ต้องการ ดังนั้นการคำนวณข้อมูลแบบราสเตอร์ของข้อมูลอัตราส่วนเหล็กออกไซต์บวกเข้ากับข้อมูลดัชนีพืชพรรณที่ต้องการนั้นจึงสามารถแยกพื้นที่ที่มีอัตราส่วนเหล็กออกไซต์สูงแต่เป็นพื้นที่น้ำออกไปได้ เนื่องจากการศึกษานี้สนใจเฉพาะค่าผลลัพธ์จากการคำนวณดังกล่าวที่มีค่าเท่ากับ 4 เท่านั้น (รูปที่ 7)

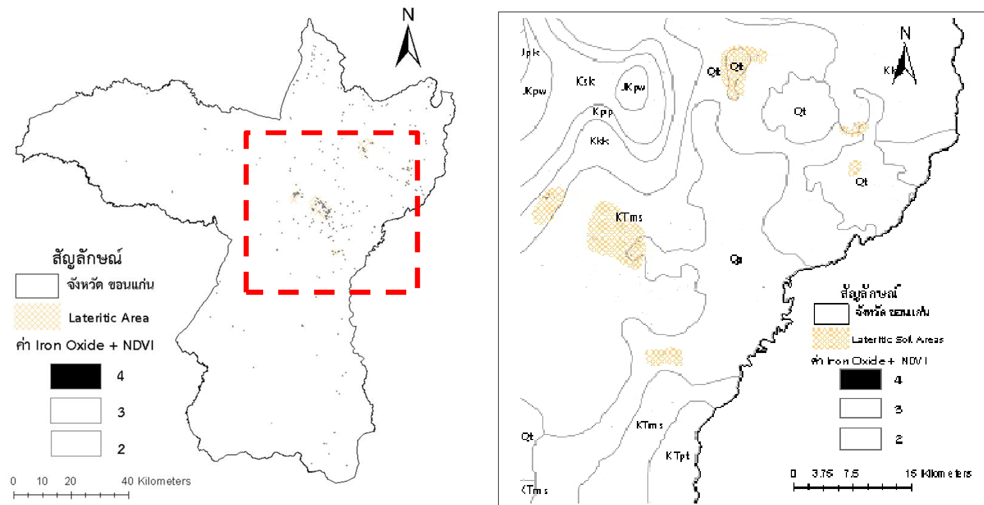


รูปที่ 7แสดงพื้นที่หล็กออกไซต์ที่ต้องการและไม่ใช่เป็นพื้นที่น้ำ (ทำเกินจริงเพื่อการ display เท่านั้น)

4.5 การแสดงผลข้อมูลและการตีความ

ข้อมูลพื้นที่แหล่งดินลูกรังจากผลลัพธ์แสดงการกระจุกตัว ทั้งหมด 6 แห่ง (รูปที่ 8)จากแผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดขอนแก่น พบว่าส่วนใหญ่อยู่บนตะกอนน้ำพา(Qa) และตะกอนตะพักลำน้ำ(Qt) จำนวน 3 แห่งที่บริเวณตำบลน้ำกุง อำเภอน้ำพอง ตำบลบ้านโนน อำเภอกระนวน และระหว่างตำบลเมืองเก่ากับตำบลโนนช้าง อำเภอเมืองเป็นตะกอนตะพักลำน้ำกรวดทราย ทรายแป้งดินเหนียวและศิลาแลงส่วนที่เหลืออยู่บนหมวดหินโคกกรวด(Kkk)2 แห่งที่บริเวณตำบลสาวะถี อำเภอเมืองและบริเวณตำบลห้วยโจด อำเภอกระนวน ซึ่งเป็นหินทรายแป้ง หินทราย น้ำตาลแดงและแดง เนื้อปูนผสม หินเคลย์และหินกรวดมน มีCalcreteตามแนวราบ และหมวดหินมหาสารคาม (KTms)1 แห่ง บริเวณรอยต่อระหว่างตำบลสาวะถี กับตำบล

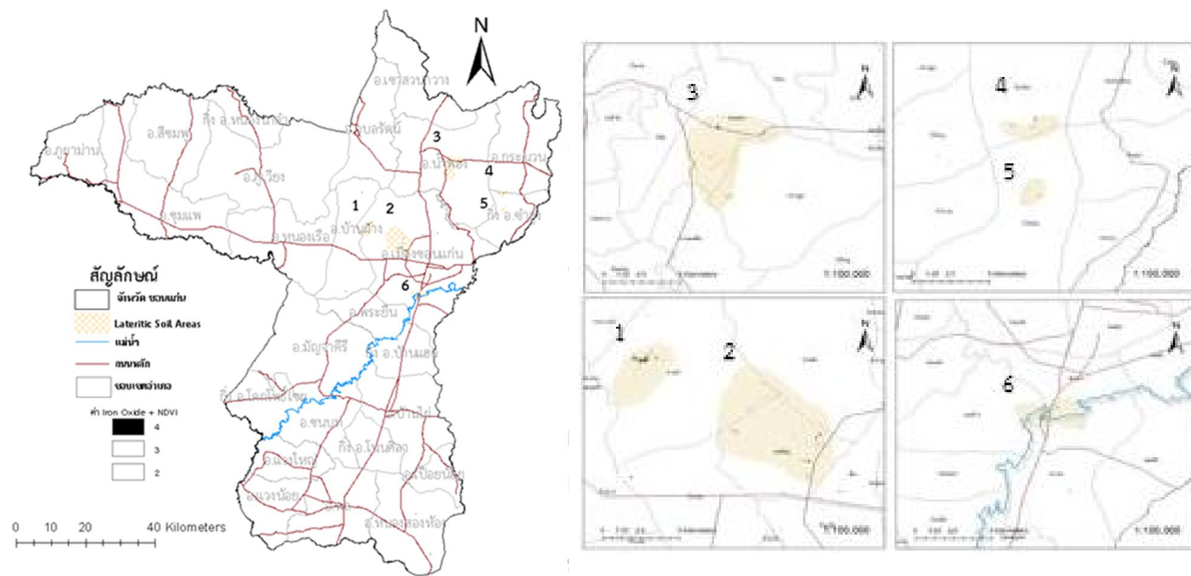
แดงใหญ่ อำเภอเมือง เป็นหินทรายแป้งสีน้ำตาลแดงและแดงหินเคลย์และหินทราย มักพบเกลือหิน โปแตส ยิปซั่มและแอนไฮไดรก์แทรก(กรมทรัพยากรธรณี, 2550)



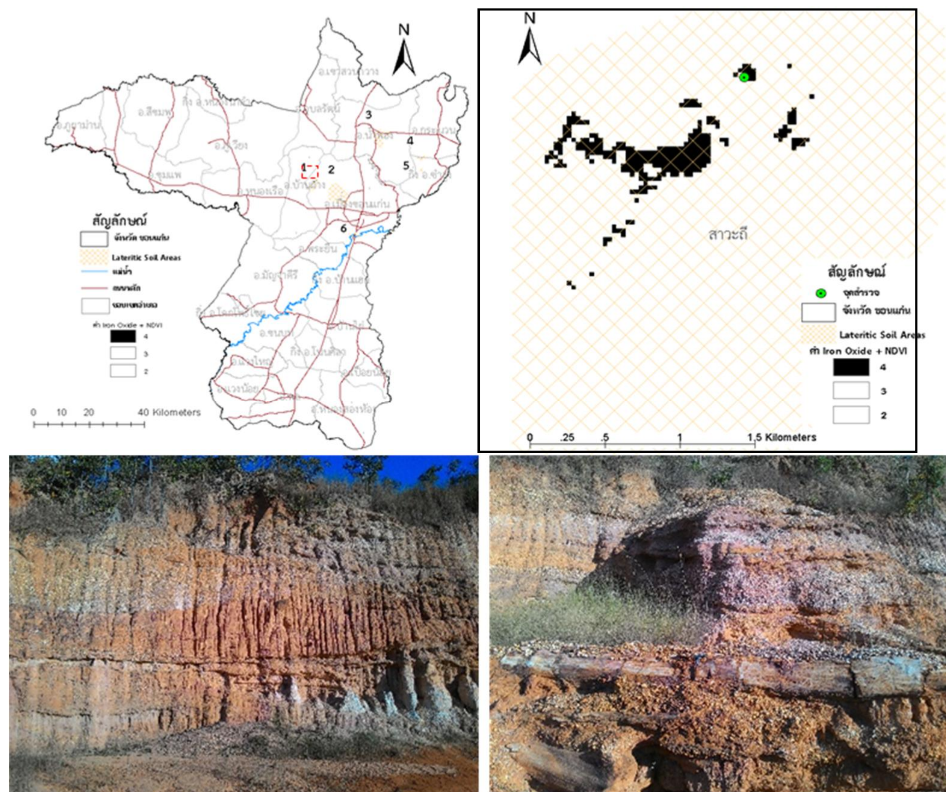
รูปที่ 8พื้นที่แสดงการกระจุกตัวของอัตรส่วนเหล็กออกไซต์(ทำเกินจริงเพื่อการ display เท่านั้น) (ซ้าย) ผลจากการดิจิไทซ์รอบข้อมูลอัตราส่วนเหล็กออกไซต์ที่กระจุกตัวโดยแบ่งตามหมวดหินทางธรณีวิทยา (ขวา)

5.สรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาได้ทำการหาอัตราส่วนของเหล็กออกไซต์และเพิ่มความถูกต้องของข้อมูลด้วยการนำค่าดัชนีพืชพรรณในช่วงที่แสดงถึงพื้นที่ที่เป็นที่โล่งถึงพื้นที่ที่มีพืชปกคลุมอยู่น้อย (หญ้าและพืชพุ่มเตี้ย) แล้วทำการดิจิไทซ์ให้สอดคล้องกับแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ ทำให้ได้บริเวณที่มีการสะท้อนของอัตราส่วนเหล็กออกไซต์ที่มีค่ามากกว่า 1.4 และมีค่าดัชนีพืชพรรณอยู่ในช่วง 0 ถึง 0.3 อยู่ 6 บริเวณ (รูปที่ 9) พร้อมกับได้ทำการออกสำรวจบริเวณที่มีการกระจุกตัวของอัตราส่วนเหล็กออกไซต์สูงที่สุด คือบริเวณบ้านโนนรัง ตำบลสาระถี อำเภอเมืองพบว่าเป็นบ่อลูกรังเอกชน แสดงดินลูกรังทางกายภาพเป็นแบบก้อนกรวดมีการเชื่อมตัวด้วยเหล็กออกไซต์หนาแน่นสลับกับการเชื่อมตัวเป็นบางส่วนของหมวดหินโคกกรวด และพบไม้กลายเป็นหินตลอดทั่วทั้งบ่อดิน พิกัด48Q 251417,1830681(รูปที่ 10) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในครั้งนี้ แต่นี่เป็นเพียงการศึกษาขั้นต้นที่มิได้ออกสำรวจทั่ว 6 บริเวณและมิได้มีการเก็บตัวอย่างดินมาทำการทดสอบอย่างละเอียดในบริเวณที่ออกสำรวจ เนื่องจากข้อจำกัดในการศึกษาที่สามารถหาอัตราส่วนของเหล็กออกไซต์ได้ถูกต้องในพื้นที่ที่เป็นที่โล่งถึงพื้นที่ที่มีพืชปกคลุมอยู่น้อยเท่านั้น ยังมีความผิดพลาดอยู่มากในพื้นที่ที่มีพืชปกคลุมอย่างหนาแน่นทำให้ไม่สามารถหาดินลูกรังในพื้นที่ดังกล่าวได้และการเลือกภาพถ่ายดาวเทียมมาศึกษานั้นมีช่วงเวลาของฤดูกาลเดียว ดั้งนั้น การศึกษาในอนาคตควรเพิ่มการศึกษาในพื้นที่นี้ให้มีความหลากหลายทางฤดูกาลมากขึ้นและควรมีการเก็บตัวอย่างดินมาศึกษาในรายละเอียดทางด้านเคมีเช่นการวิเคราะห์ XRD เพิ่มเติม



รูปที่ 9 แสดงบริเวณพื้นที่ดินลูกรังจากการศึกษาทั้ง 6 แห่ง



รูปที่ 10แสดงบริเวณบ่อดินจุดสำรวจ ตำบลสาระถี อำเภอเมือง (รูปบน) แสดงหินโผล่บ่อดินลูกรังที่จุดสำรวจ (ล่าง)

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรธรณี.(2552).**แหล่งเรียนรู้ทางธรณีวิทยาจังหวัดขอนแก่น**.**สืบค้นเมื่อ** (24 พฤศจิกายน 2558), จาก: http://www.dmr.go.th/download/article/article_20110209132625.pdf

กรมบัญชีกลาง. (2557).**รายงานประมาณการเศรษฐกิจจังหวัดขอนแก่น ปี 2557 และแนวโน้มปี 2558.สืบค้นเมื่อ** (24 พฤศจิกายน 2558),จาก: http://klang.cgd.go.th/kkn/cfo/cfo2/2558/รายงานประมาณการ%20ไตรมาส%201.pdf

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2554). **การพัฒนาแนวพื้นที่พัฒนาเศรษฐกิจ (Economic Corridors Development).สืบค้นเมื่อ**(24 พฤศจิกายน2558), จาก:http://www.dmr.go.th/ewtadmin/ewt/dmr_web/main.php?filename=korat_geo

สำนักงานจังหวัดขอนแก่น.(2556).**แผนพัฒนาจังหวัดขอนแก่น 4 ปี (พ.ศ. 2557 – 2560).สืบค้นเมื่อ**(24 พฤศจิกายน 2558),จาก:http://www.khonkaen.go.th/khonkaen6/main.php?cont=vision

สุมินตรา วัฒนา. (2548). **การศึกษาดินลูกรังในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย.สืบค้นเมื่อ** (20ตุลาคม 2558) จาก:http://e-library.ldd.go.th/library/Ebook/bib1335-e4.pdf

จารุณี พุ่มพวง และ พรรณ์ทิพพา พงษ์กิจการุณ. (2550). **ธรณีวิทยาบริเวณที่ราบสูงโคราช**.**สืบค้นเมื่อ**(24 พฤศจิกายน 2558), จาก:http://www.dmr.go.th/ewtadmin/ewt/dmr_web/main.php?filename=korat_geo

Buffetaut, E., and Ingavat, R. (1982).Phytosaur remains (Reptilia, Thecodontia) from the Upper Triassic of Northeastern Thailand,**Geobios**, (v. 15), no.1, p. 7-17.

Buffetaut, E., Suteethorn, V., Haiyan Tong, H., Chaimanee, Y., and Khansubha, S. (1997). New dinosaur discoveries in the Jurassic and Cretaceous of northeastern Thailand, in Dheeradilok, P., Hinthong, C., Chaodumrong, P, Putthapiban, P., Tansathien, W., Utha-aroon, C., Sattayarak, N., Nuchanong, T., AndTechawan, S., eds.**Proceedings of the International Conference on Stratigraphy and Tectonic Evolution of Southeast Asia and the South Pacific(Geothai'97)**,(v. 1), p. 177-187.

Clark, R. N.(1999). Remote Sensing for the Earth Sciences. Chapter 1: Spectroscopy of Rocks and Minerals, and Principles of Spectroscopy. **Manual of Remote Sensing**, (Volume 3), p 3- 58.

Haile, N.S.(1973). Note on Triassic fossil pollen from the Nam Pha Formation, Chulabhorn (Nam Phrom) Dam.**Geological Society of Thailand**, Newsletter, (v. 6), no. 1, p. 15-16.

Iwai, J., Asama, K., Veeraburus, M., and Hongnusonthi, A. (1966), Stratigraphy of the so-calledKhorat Series and a note on the fossil plant-bearing Paleozoic strata in Thailand: Geology and Palaeontology of SE Asia. **Tokyo University Press**, (v. 2), p. 179-196.

Maranate, S., and Villa, P.(1986).Paleomagnetism of the Khorat Group, Mesozoic, Northeast Thailand.**Journal of Southeast Asian Earth Sciences**, (v. 1), p. 23-31.

Meesook, A., Suteethorn, V., and Wongprayoon, T.(1995). Early Cretaceous non-marine bivalves ofthe Sao Khua Formation, Khorat Group, Northeastern Thailand [abs.], in the 3rd Symp.**IGCP 350**,(Volume: 10-11)

Soea, M., Won-Inb, K.,Takashimac, I.andCharusiri, P.(2008).Lateritic soil mapping of the Phrae basin, northern Thailand using satellite data.**ScienceAsia,** (38),307-316.

Weier, J.andHerring, D. (2000).**Measuring Vegetation (NDVI & EVI)**, **Retrieved**(October 24 2015), form:http://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/

สมการอย่างง่ายสำหรับการประเมินผลผลิตอ้อย

Simple Equation for Estimating Sugarcane Yield

ปรีชา กาเพ็ชรทักษิณา ศันสยะวิชัย และ มัทนา วานิชย์

Preecha Kapetch TaksinaSansayawichai and MattanaWanitch

ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ถนนมิตรภาพ ตำบลศิลา อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

โทรศัพท์ 0-4320-3506 โทรสาร 0-4320-3505 e-mail: p.kapetch@gmail.com

บทคัดย่อ

การประเมินผลผลิตอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวมีความจำเป็นต่อโรงงานน้ำตาลและเกษตรกรที่ปลูกอ้อย โดยทั่วไปใช้วิธีการประเมินด้วยสายตาซึ่งมักจะมีความแม่นยำต่ำหรือหากต้องการความแม่นยำต้องมีการสุ่มตัดต้นอ้อย ซึ่งทำได้ยากและต้องเสียผลผลิตไปบางส่วน การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการประเมินผลผลิตอ้อยให้มีความแม่นยำสูงใช้งานง่าย และไม่มีการทำลายต้นอ้อย ศึกษาในอ้อย 2 พันธุ์ ได้แก่ ขอนแก่น3 และแอลเค92-11ตัดอ้อยที่มีขนาดความสูงและขนาดลำที่แตกต่างกัน จำนวนพันธุ์ละ 200 ลำ แต่ละลำนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงลำกับเส้นรอบวงและน้ำหนักของลำตามสมการ regression modelพบว่าน้ำหนักลำมีความสัมพันธ์กันสูงกันกับความสูงและเส้นรอบวง ตามสมการ y = bh+ad+c ให้ค่า R^2 สูงสุดเท่ากับ 0.976 และ 0.955 ของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น3 และแอลเค92-11 ตามลำดับผลการทดสอบสมการอย่างง่ายกับผลผลิตที่เก็บจริงในสภาพต่างๆ จำนวน 39 แปลง พบว่า สมการอย่างง่ายสามารถประเมินผลผลิตอ้อยทั้งสองพันธุ์ได้ดี โดยมีค่า R^2, RMSE และ nRMSE เท่ากับ 0.842, 4.2 ตัน/ไร่, 19% และ 0.884, 2.2 ตัน/ไร่, 12.9% ของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น3 และ แอลเค92-11 ตามลำดับ จึงได้นำสมการทั้งสองไปพัฒนาเป็นโปรแกรมประเมินผลผลิตอ้อย (cal cane) สามารถใช้ได้กับสมาร์ทโฟนที่ใช้ระบบแอนดรอยด์เป็นระบบปฏิบัติการได้

คำสำคัญ: สมการอย่างง่าย ประเมินผลผลิตอ้อย ขอนแก่น3 สมาร์ทโฟน แอนดรอยด์

ABSTRACT

Estimating sugarcane yield before harvesting is required for the sugar mill and farmers. Normally, they were estimated by visually which the low accuracy.If they need more accuracy, cutting sugarcane for weighting need to take a sample. It is difficult to do and cause yielding lose. The objective of this study was to develop the equation for estimating sugarcane yield which easy to use and high accuracy. Sugarcane cultivar Khon Kaen3 and LK92-11 were used in this study. 200 samples of each cultivar were selected to find the correlation between stalk high, stalk circumferences, and stalk weight. The results showed that there was a high correlation for each cultivar (R^2 =0.976 and0.955) for Khon Kaen3 and LK93-11 respectively. After that developed the simple equationfor estimation in sugarcane field. The validation of simple equation by 39 samples showed that the simple both cultivars gave the good estimation with R^2, RMSE and nRMSE = 0.842, 4.2 t/rai, 19% and0.884, 2.2 t/rai, 12.9% for Khon Kaen3 and LK92-11 respectively. Finally, these equations had developed to the application namely cal cane that available for use with the smartphone that used android for operation system.

Key word: Simple equation, Estimation of sugarcane yield, Khon Kaen3, Smartphone, Android

บทนำ

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ในปีการผลิต 2557/58 มีพื้นที่ปลูกอ้อยในเขตสำรวจ 47 จังหวัด จำนวน 10.5 ล้านไร่ ผลิตอ้อยได้มากกว่า 105.96 ล้านตัน และผลิตเป็นน้ำตาลทรายได้ 11.30 ล้านตัน (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2558)ประเทศไทยจึงถือได้ว่าเป็นผู้ผลิตและส่งออกน้ำตาลเป็นอันดับต้นๆ ของโลก และมีแนวโน้มการผลิตอ้อยเพิ่มมากขึ้นในอนาคต เนื่องจากนโยบายของรัฐบาลที่ส่งเสริมให้เปลี่ยนพื้นที่นาข้าวที่ไม่เหมาะสมมาปลูกอ้อยทดแทน และจำนวนโรงงานน้ำตาลที่เปิดหีบมากขึ้น พันธุ์อ้อยที่ใช้ปลูกมากยังคงได้แก่ พันธุ์ขอนแก่น3และแอลเค92-11 ซึ่งทั้งสองพันธุ์มีพื้นที่ปลูกครอบคลุม มากกว่า 85% ของพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งประเทศ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย และ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2558)อย่างไรก็ตามการผลิตอ้อยไม่เหมือนการผลิตพืชทั่วไป เนื่องจากอ้อยเป็นพืชที่มีพระราชบัญญัติอ้อยและน้ำตาลทรายคุ้มครอง โดยเกษตรกรที่จะขายอ้อยเข้าโรงงานได้ จะต้องจดทะเบียนชาวไร่อ้อยและหัวหน้ากลุ่มชาวไร่อ้อยเพื่อให้เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยสามารถส่งอ้อยเข้าโรงงานได้ตามบทบัญญัติของกฎหมาย ซึ่งตามประกาศของคณะกรรมการอ้อย เรื่องการจดทะเบียนชาวไร่อ้อยและหัวหน้ากลุ่มชาวไร่อ้อย ครั้งที่ 2 ประจำปี 2558 ได้กำหนดสิทธิ์ของผู้ยื่นคำขอว่าจะต้องมีคุณสมบัติของผู้ขอจดทะเบียน คือจะต้องมีพื้นที่ปลูกอ้อยของตนเองไม่น้อยกว่าสิบไร่ และต้องรับมอบอ้อยจากชาวไร่อ้อยรายอื่นซึ่งเมื่อรวมกับพื้นที่ของตนเองแล้วต้องไม่น้อยกว่าหนึ่งร้อยไร่ ดังนั้นเกษตรกรที่ปลูกอ้อยทุกรายจึงไม่สามารถขายอ้อยให้กับโรงงานน้ำตาลได้โดยตรง และในสภาพการผลิตอ้อยจริงแต่ละปีผลผลิตค่อนข้างมีความแปรปรวน หากในปีที่ประสบกับภาวะความแห้งแล้งรุนแรงทำให้ผลผลิตอ้อยต่ำมาก หัวหน้ากลุ่มชาวไร่อ้อยต้องหาอ้อยเข้าโรงงานได้ตามที่จดทะเบียนไว้จึงทำให้เกิดระบบการซื้อขายอ้อยเงินสดขึ้นระหว่างหัวหน้ากลุ่มชาวไร่อ้อยกับเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยรายย่อย วิธีการซื้อขายส่วนใหญ่จะเป็นการประเมินผลผลิตในไร่ แล้วจ่ายเป็นเงินสดให้กับเกษตรกรรายย่อย เนื่องจากการแก่งแย่งเพื่อให้ได้ผลผลิตอ้อยจึงมักจะดำเนินการก่อนโรงงานน้ำตาลเปิดหีบเพื่อรับประกันผลผลิตอ้อยที่จะส่งให้กับโรงงานน้ำตาลการประเมินผลผลิตอ้อยด้วยสายตาของผู้ซื้อและผู้ขายจึงมีความเสี่ยงสูงเนื่องจากผู้ซื้อต้องการประเมินผลผลิตต่ำในขณะเดียวกันผู้ขายย่อมต้องการประเมินผลผลิตให้สูงขึ้น ดังนั้นจึงความแม่นยำต่ำจากการประเมินด้วยวิธีนี้และมีความน่าเชื่อถือต่ำ เนื่องจากผลผลิตอ้อยขึ้นอยู่กับจำนวนลำและน้ำหนักต่อลำ หากต้องการความแม่นยำมากขึ้น จะต้องตัดอ้อยเพื่อชั่งน้ำหนักลำและนับจำนวนลำต่อไร่ ซึ่งทำได้ยากและทำให้เสียผลผลิตอ้อยไปบางส่วน จึงได้ทำการศึกษาเพื่อหาวิธีการประเมินผลผลิตอ้อยให้มีความแม่นยำ และสามารถประเมินได้ง่าย และไม่สูญเสียผลผลิตอ้อยของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น3 และแอลเค92-11 เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือในการประเมิน และนอกจากนั้นเจ้าหน้าที่ของโรงงานสามารถนำไปใช้ได้ เนื่องจากจะต้องประเมินผลผลิตอ้อยอย่างสม่ำเสมอเพื่อคาดการณ์ปริมาณอ้อยที่จะเข้าหีบได้จริง และวางแผนปิดเปิดโรงงาน

วัตถุประสงค์

เพื่อหาวิธีการประเมินผลผลิตอ้อยพันธุ์ขอนแก่น3 และ แอลเค92-11

วิธีการวิจัย

3.1 การหาค่าผลผลิตอ้อย

ผลผลิตอ้อยต่อไร่คำนวณได้จาก องค์ประกอบของผลผลิต ได้แก่จำนวนลำอ้อยเก็บเกี่ยวต่อไร่ และน้ำหนักอ้อยต่อลำ หรือเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$Y = S_{no}W \quad (1)$$

เมื่อYคือผลผลิตอ้อย (ตันต่อไร่) S_{no} คือจำนวนลำต่อไร่ และ W คือน้ำหนักต่อลำ (กิโลกรัม) โดยจำนวนลำต่อไร่คำนวณได้จากสมการ

$$S_{no} = 16\frac{S_{10}}{L_{ro}} \quad (2)$$

เมื่อ S_{10}คือจำนวนลำที่นับได้ในแถวยาว 10 เมตร และ L_{ro} คือระยะระหว่างแถว (เซนติเมตร) และ 16 คือค่าคงที่สำหรับแปลงหน่วยผลผลิตอ้อยเป็นตันต่อไร่

การหาค่าน้ำหนักต่อลำอ้อย

การหาค่าน้ำหนักต่อลำอ้อย หาได้จากความสัมพันธ์ของความสูงและขนาดเส้นรอบวงของลำอ้อย โดยการตัดอ้อยที่มีขนาดความสูงและเส้นรอบวงแตกต่างกันในสภาพแปลงปลูกแบบต่างๆ จำนวน 200 ลำต่อพันธุ์ แต่ละลำนำมาหาค่าความสูงและความยาวเส้นรอบวงตรงบริเวณกึ่งกลางของลำอ้อย และน้ำหนักของแต่ละลำ จากนั้นหาความสัมพันธ์ของน้ำหนักลำ กับความสูง และเส้นรอบวงของลำเพื่อทดสอบค่าสถิติ โดยใช้สมการ Regression model ดังนี้

$$W = bH + c \tag{3}$$

$$W = bD + c \tag{4}$$

$$W = bH^2 + c \tag{5}$$

$$W = bD^2 + c \tag{6}$$

$$W = bHD + c \tag{7}$$

$$W = bH + aD + c \tag{8}$$

เมื่อ *W* คือน้ำหนักลำ (กิโลกรัม) *H* คือความยาวลำ (เซนติเมตร) *D* คือ เส้นรอบวง (เซนติเมตร)
สมการ Regression model ที่มีค่าความสันพันธ์กันสูงที่สุด ประเมินจากค่า coefficient of determination (R^2) จะถูกเลือกมาใช้ในการประเมินผลผลิตอ้อย

3.2 การทดสอบความถูกต้องของสมการ

หลังจากได้สมการประเมินผลผลิตอ้อยแล้ว นำไปทดสอบกับผลผลิตอ้อยที่เก็บเกี่ยวจากงานทดลองของ พีรศักดิ์ และคณะ(2557) จำนวน 39 แปลง และประเมินความสามารถของสมการในการประเมินผลผลิตอ้อยโดยใช้ค่าสถิติ 3 ค่า ได้แก่Coefficient of Determination (R^2), Root Mean Square Error (RMSE) และ normalize Root Mean Square Error (nRMSE)โดยค่า RMSE และ nRMSEคำนวณได้จากสมการ

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(S_i - O_i)^2}{N}} \tag{9}$$

$$nRMSE = \frac{RMSE \times 100}{\bar{O}} \tag{10}$$

เมื่อ S คือผลผลิตอ้อยที่ได้จากการคำนวณของสมการอย่างง่าย O คือผลผลิตอ้อยที่เก็บเกี่ยวจากแปลงทดลองจริง N คือจำนวนแปลงทดลอง และ $\bar{O}$ คือค่าเฉลี่ยของผลผลิตอ้อยที่เก็บเกี่ยวจากแปลงทดลอง
ประเมินความแม่นยำของสมการอย่างง่ายโดยถ้าค่า RMSE มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าสมการอย่างง่ายสามารถคำนวณผลผลิตอ้อยได้อย่างแม่นยำ แต่ถ้ามีค่าเข้าใกล้อินฟินิตี้ (∞) แสดงว่าสมการอย่างง่ายคำนวณผลผลิตอ้อยได้ไม่ถูกต้อง ส่วนค่า nRMSE บอกถึงประสิทธิภาพของสมการอย่างง่ายที่ใช้คำนวณผลผลิตอ้อย ถ้าค่า nRMSE มีค่าน้อยกว่า10% แสดงว่าสมการอย่างง่าย

มีประสิทธิภาพดีเยี่ยม ถ้ามากกว่า 10% แต่น้อยกว่า 20%แสดงว่ามีประสิทธิภาพดี ถ้ามีค่ามากกว่า 20% แต่น้อยกว่า 30% แสดงว่าพอใช้ และถ้ามากกว่า 30% แสดงว่าสมการไม่มีประสิทธิภาพในการนำมาใช้คำนวณผลผลิตอ้อย (Jamieson et al.,1991)

3.3 การใช้งานสมการอย่างง่าย

หลังจากทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของสมการอย่างง่ายแล้ว ได้นำไปพัฒนาต่อเป็น application ที่สามารถใช้ได้กับสมาร์ทโฟนที่มีระบบแอนดรอยด์เป็นระบบปฏิบัติการ โดยออกแบบให้ใช้งานง่าย ต้องการข้อมูลสำหรับป้อนให้กับโปรแกรมเพียง 4 ค่า คือ ค่าเฉลี่ยของความสูงที่สุ่มวัดจำนวน 10 ต้น เส้นรอบวงเฉลี่ยจาก 10 ต้น ระยะระหว่างแถว และนับจำนวนลำในแถวที่ยาว 10 เมตร จากนั้นให้โปรแกรมจะสามารถประเมินผลผลิตอ้อยได้

ผลการวิจัย

4.1 ผลการหาสมการสำหรับประเมินผลผลิตอ้อย

ความสัมพันธ์ของน้ำหนักอ้อยกับความสูงและเส้นรอบวง จากทั้ง 6regression models สมการที่ (3)-(8) พบว่า น้ำหนักอ้อยมีความสัมพันธ์กันกับความสูงและเส้นรอบวง โดยมีค่า R^2 อยู่ในช่วง 0.902 –0.976 และ 0.805 – 0.955 ของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น3 และแอลเค92-11 ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการและค่า R^2ที่ได้ จากการใช้ regression model ต่างๆในการหาความสัมพันธ์ของน้ำหนักลำกับความสูงและเส้นรอบวงของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น3 และ แอลเค92-11

พันธุ์	Regression models	R^2
ขอนแก่น3	สมการที่ (3)W = 0.015H - 1.354	0.926
	(4)W = 0.406D - 2.450	0.906
	(5)W = 0.00004H^2 + 0.188	0.925
	(6)W = 0.0194D^2 – 0.356	0.902
	(7)W = 0.0009HD – 0.134	0.967
	(8)W = 0.0088H + 0.1987D – 2.0861	0.976
แอลเค92-11	สมการที่ (3) W = 0.012H – 0.846	0.887
	(4) W = 0.406D - 2.450	0.805
	(5) W = 0.00004H^2 + 0.188	0.885
	(6) W = 0.0194D^2 – 0.356	0.840
	(7) W = 0.0009HD – 0.134	0.945
	(8)W = 0.0080H + 0.1968D – 2.0521	0.955

สมการที่มีค่า R^2 สูงที่สุดของอ้อยทั้งสองพันธุ์ ได้แก่สมการที่ 8 จึงเลือกสมการที่ 8 สำหรับใช้ประเมินผลผลิตอ้อยทั้งสองพันธุ์ โดยน้ำหนักลำของอ้อยทั้งสองพันธุ์ คำนวณได้จากสมการ

$$W_{kk} = 0.00882H + 0.19871D - 2.0861 \tag{9}$$

$$W_{lk} = 0.00797H + 0.19681D - 2.0504 \tag{10}$$

เมื่อ W_{kk} คือน้ำหนักลำของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น3 W_{lk} คือน้ำหนักลำของอ้อยพันธุ์แอลเค92-11 H คือความสูงต้นอ้อย และ D คือเส้นรอบวงและเมื่อรวมสมการที่ 9 และ 10 เข้ากับสมการที่ 1 และ 2 แล้ว ผลผลิตอ้อยต่อพื้นที่ของอ้อยทั้งสองพันธุ์สามารถประเมินได้ตามสมการ

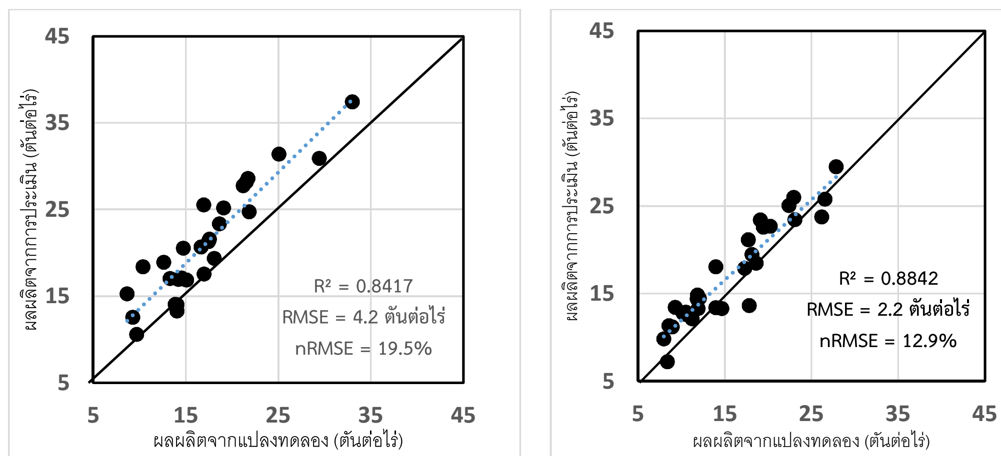
$$Y_{kk} = (0.14112H + 3.1792D - 33.3776)\frac{S_{10}}{L_{ro}} \tag{11}$$

$$Y_{lk} = (0.12750H + 3.1490D - 32.8333)\frac{S_{10}}{L_{ro}} \tag{12}$$

เมื่อ Y_{kk} คือผลผลิตอ้อย (ตัน/ไร่) ของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น3 Y_{lk} คือผลผลิตอ้อย (ตัน/ไร่) ของอ้อยพันธุ์แอลเค92-11 H คือความสูงต้นอ้อย (เซนติเมตร) D คือเส้นรอบวงต้นอ้อย (เซนติเมตร) S_{10} คือจำนวนลำที่นับได้ในแถวยาว 10 เมตร และ L_{ro} คือระยะระหว่างแถว (เซนติเมตร)

4.2 ผลการทดสอบสมการ

การทดสอบสมการอย่างง่ายของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น3 พบว่าให้ผลการประเมินได้ดี จากการเปรียบเทียบกับผลผลิตที่เก็บจากแปลงทดลองจำนวน 39 แปลง มีค่า R^2 เท่ากับ 0.8471 ค่า RMSE เท่ากับ 4.2 ตัน/ไร่ และ nRMSEเท่ากับ 19.5% ผลที่ได้จากการใช้สมการอย่างง่ายสูงกว่าผลผลิตที่ได้จริงจากแปลงทดลอง สำหรับพันธุ์แอลเค92-11 ให้ผลการประเมินดีเช่นกัน และดีกว่ากว่าอ้อยพันธุ์ขอนแก่น3 โดยมีค่า R2, RMSE และ nRMSE เท่ากับ0.8842, 2.2 ตัน/ไร่ และ 12.9% ตามลำดับ (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์และค่าสถิติของผลผลิตที่ได้จากการประเมินของสมการอย่างง่ายกับผลผลิตที่เก็บจริง ของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น3 (ซ้าย) และอ้อยพันธุ์แอลเค92-11 (ขวา)

ผลการพัฒนาโปรแกรม

สมการอย่างง่ายสำหรับประเมินผลผลิตอ้อยพันธุ์ขอนแก่น3 และ แอลเค92-11 ได้ถูกพัฒนาเป็นโปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อใช้สำหรับสมาร์ทโฟนที่มีระบบปฏิบัติการเป็นแอนดรอยด์ โดยผู้สนใจสามารถโหลดมาใช้งานได้ฟรีจาก http://play.google.com/store/apps/details?id=calsugarcane หรือเข้าไปใน Google play และค้นหาแอปโดยใช้คำว่า cal cane ซึ่งมีขั้นตอนการใช้งานดังภาพที่ 2 เมื่อเปิดโปรแกรมหน้าแรกจะปรากฏให้กรอกข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการประเมินผลผลิตอ้อย ซึ่งผู้ใช้ต้องไปสุ่มแถวยาว 10 เมตรเพื่อนับจำนวนลำ จากนั้นวัดระยะระหว่างแถว และสุ่มวัดเส้นรอบวง 10 ลำ โดยวัดตรงกลางของแต่ละลำ และวัดความสูงในลำเดียวกันกับลำที่วัดเส้นรอบวง แล้วกรอกข้อมูลให้กับโปรแกรม เมื่อกรอก

ข้อมูลเสร็จแล้วให้กดเลือกพันธุ์ที่จะประเมิน ซึ่งจะแสดงผลลัพธ์เป็นผลผลิตต่อไร่ ในหน้าถัดไป และสามารถกดกลับมาหน้าแรกได้ เพื่อประเมินอีกครั้ง

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนที่ 3

ภาพที่ 2 แสดงขั้นตอนการใช้งานโปรแกรมประเมินผลผลิตอ้อย cal cane

วิจารณ์ผลและสรุปผล

5.1 ผลการสร้างสมการ

สมการทั้งหกสมการเป็นสมการอย่างง่าย ที่หาความสัมพันธ์ระหว่างความสูง เส้นรอบวง และน้ำหนักอ้อย มีความสัมพันธ์จากทั้งสองค่าในอัตราที่ใกล้เคียงกัน การใช้แค่ค่าความสูงหรือแค่เส้นผ่านศูนย์กลางลำ ให้ค่า R^2 น้อยกว่า การใช้ค่าตัวแปรทั้งสองร่วมกัน จะเห็นได้ว่าสมการที่ดีที่สุด คือสมการที่ (8) สมการที่ได้เป็นการหาค่าสัมประสิทธิ์ของสมการที่มาจากจำนวนตัวอย่างที่มีความแตกต่างกันของทั้งความสูงและเส้นรอบวงและแตกต่างของสภาพแวดล้อมการผลิต ในจำนวน 200 ตัวอย่าง ซึ่งถือได้ว่าจำนวนตัวอย่างมีมากพอสำหรับการนำไปใช้กับทุกสภาพพื้นที่ปลูก

5.2 ผลการทดสอบสมการ

การทดสอบสมการอย่างง่ายชี้ให้เห็นว่า ค่า nRMSEมีค่าอยู่ระหว่าง 10 – 20% หมายความว่าสมการอย่างง่ายสำหรับนำมาใช้ประเมินผลผลิตอ้อยทั้งสองพันธุ์ได้ดี จากการหาค่าสมการในเบื้องต้น ถึงแม้ว่าค่า R^2 ของพันธุ์ขอนแก่น3 จะให้ค่าสูงกว่าพันธุ์แอลเค92-11 แต่อย่างไรก็ตามพบว่า เมื่อนำไปทดสอบกับแปลงเก็บตัวอย่างจริงแล้ว พันธุ์แอลเค92-11 ให้ผลการทดสอบที่ดีกว่า ซึ่งความแปรปรวนที่เกิดขึ้น เกิดจากการสุ่มเก็บตัวอย่างในแปลงทดลองจริงกับการเก็บข้อมูลที่ใช้ในการประเมิน จากข้อมูลเก็บตัวอย่างจริงเป็นการวัดความยาวลำ ซึ่งเป็นการวัดหลังจากที่ตัดอ้อยแล้ว แต่ในสมการเป็นการวัดความสูงลำ ซึ่งเป็นการวัดไปจนถึงคอใบสุดท้ายซึ่งโดยทั่วไปแล้วความสูงมักจะวัดได้ยาวกว่าความยาวลำประมาณ 5-10 เซนติเมตร ทำให้ผลที่ได้จากการประเมินโดยสมการมีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากแปลงทดลอง ซึ่งตามปกติในการตัดอ้อยเข้าโรงงานของเกษตรกรจริงมักจะยาวกว่าหรือใกล้เคียงกับความสูงลำมากกว่าความยาวลำ

5.3 ผลการพัฒนาโปรแกรม

โปรแกรมช่วยประเมินผลผลิตอ้อยพัฒนาขึ้นสำหรับสมาร์ทโฟนที่ใช้ระบบปฏิบัติการเป็นแอนดรอยด์เท่านั้น สำหรับระบบปฏิบัติการอื่นในขณะนี้ยังไม่สามารถนำไปใช้งานได้อย่างไรก็ตามสามารถนำสมการไปใช้คำนวณกับเครื่องคิดเลขหรือคอมพิวเตอร์ทั่วไป เนื่องจากเป็นสมการอย่างง่าย และเนื่องจากโปรแกรมนี้สามารถใช้งานได้บนสมาร์ทโฟน ซึ่งมี GPS ติดตั้งอยู่แล้วซึ่งจะสามารถระบุตำแหน่งสถานที่นั้นๆ ได้ หากมีการพัฒนานำโปรแกรมทางภูมิสารสนเทศเข้ามาเชื่อมโยง เพื่อให้เข้าถึงข้อมูลชนิดดินจากแผนที่ดิน และทราบปริมาณน้ำฝนจากแผนที่ภูมิอากาศ และการจัดการด้านอื่นๆ เช่นโรคและแมลงในสถานที่นั้นๆ จะทำให้การใช้งานโปรแกรมนี้จะมีประสิทธิภาพมากขึ้น และยังสามารถพัฒนาต่อไปเป็นโปรแกรมช่วยตัดสินใจการผลิตอ้อยได้

ข้อเสนอแนะ

การใช้งานโปรแกรมช่วยประเมินผลผลิตอ้อยนี้ ความแม่นยำขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ได้จากการสุ่มที่เป็นตัวแทนที่ดี และจะมีความแม่นยำมากขึ้น ถ้ามีการสุ่มวัดความสูง และเส้นรอบวงหลายในจำนวนที่มากขึ้น แล้วใช้ค่าเฉลี่ยจากทั้งหมดมาคำนวณโดยไม่จำเป็นต้องนับเพียง10 ลำ โปรแกรมนี้พัฒนาสำหรับอ้อยเพียง 2 พันธุ์ หากต้องการประเมินอ้อยพันธุ์อื่นสามารถใช้โปรแกรมนี้ช่วยประเมินเบื้องต้นได้แต่ความแม่นยำจะลดลงการเชื่อมโยงโปรแกรมนี้เข้ากับระบบภูมิสารสนเทศ เช่นแผนที่ดิน และแผนที่สภาพภูมิอากาศ ทำให้โปรแกรมเกิดประโยชน์มากขึ้น สามารถนำมาใช้ช่วยตัดสินใจในระบบการผลิตอ้อยได้ ซึ่งจะได้ดำเนินการพัฒนาต่อไป

เอกสารอ้างอิง

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2557. **รายงานการวิจัยพัฒนาและวิศวกรรมฉบับสมบูรณ์ รหัสโครงการ P-09-00444 การประเมินสายพันธุ์อ้อยดีเด่นที่มีศักยภาพในแหล่งปลูกอ้อยทั่วประเทศ.**กรุงเทพฯ:สำนักบริหารจัดการคลัสเตอร์ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2558. **รายงานพื้นที่ปลูกอ้อย ปีการผลิต 2557/58.**กรุงเทพฯ:กลุ่มวิชาการและสารสนเทศอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย สำนักนโยบายอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย และ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2558. **รายงานฉบับสมบูรณ์. โครงการติดตามประเมินผลสัมฤทธิ์การพัฒนาและขยายอ้อยพันธุ์ดี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558.**ขอนแก่น: ขอนแก่นการพิมพ์.

Jamieson P.D., J.R. Porter and D.R. Wilson. 1991. **A test of the computer simulationmodel ARC-WHEAT1 on wheat crops grown in New Zealand**. Field Crops Research 27:337–350.

การประเมินรูปแบบการเติบโตของเมืองโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และตัวชี้วัดภูมิทัศน์ : กรณีศึกษาเมืองขอนแก่น

Assessing urban growth patterns using GIS and landscape metrics : a case study of KhonKaen city, Thailand

เด่นรติ ศรธเดช และ ชัยพล กีรติกสิกร

DenratiSornthadet and ChaiyaponKeeratikasikorn

ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์สาขาการรับรู้จากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น

123 ถนนมิตรภาพตำบลในเมืองอำเภอเมืองจังหวัดขอนแก่น 40002

โทรศัพท์ 0-4336-2188 โทรสาร 0-4334-2910 e-mail: denrati@hotmail.co.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นี้ได้ศึกษารูปแบบการเจริญเติบโตของเมืองขอนแก่น ซึ่งเป็นเมืองที่ตั้งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และมีแนวโน้มที่เมืองจะมีการขยายตัวใหญ่ขึ้นในอนาคต ศึกษาโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และตัวชี้วัดภูมิทัศน์ ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ของรูปแบบการเจริญเติบโตของเมืองระหว่างปี ค.ศ. 2002 2006 และ 2010 สร้างขึ้นโดยใช้ข้อมูลดาวเทียมความละเอียดสูง(ดาวเทียม QuickBird, Worldview)และใช้ฟังค์ชั่นเสริม Patch analysis ในโปรแกรม Arc GIS เลือกตัวชี้วัดภูมิทัศน์ดังนี้พื้นที่ของชั้นข้อมูล (CA) จำนวนของแพทช์ (NumP) ค่าเฉลี่ยของขนาดของแพทช์ (MPS) ค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยของดัชนีรูปร่าง (AWMSI) และ ความหนาแน่นของขอบ (ED) ผลการศึกษาของพื้นที่เมืองถูกแบ่งออกเป็น 4 ควอแดรนท์ และรายงานผลตามเข็มนาฬิกา เริ่มต้นที่ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ามีการเจริญเติบโตของเมืองเกิดขึ้นใหม่ในแต่ละช่วงเวลาและทุกๆควอแดรนท์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีอัตราการกระจายที่สูงขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากการที่พื้นที่ของชั้นข้อมูล (CA) และจำนวนของแพทช์ (NumP) มีค่าสูงขึ้น แต่ค่าเฉลี่ยของขนาดของแพทช์ (MPS) น้อยลง ค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยของดัชนีรูปร่าง (AWMSI)และ ความหนาแน่นของขอบ (ED) ที่สูงขึ้น ช่วยในการยืนยันแนวโน้มรูปแบบการกระจายตัวของเมืองที่ไม่เป็นระเบียบของเมืองที่มีขนาดใหญ่ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต รายละเอียดของรูปแบบการเจริญเติบโตของเมืองถูกนำเสนอในรูปแบบของแผนที่ทางภูมิศาสตร์และตารางเปรียบเทียบค่าทางสถิติ

คำสำคัญ: การวิเคราะห์แพทช์รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของเมือง

Abstract

In this study, urban growth patterns of KhonKaen, a future mega city in the northeastern region of Thailand were chosen and studied using GIS with landscape metrics. Spatial data base of urban growth area between 2002, 2006 and 2010 were created based on high resolution satellite data such as Quickbird, Worldview. Selection of 5 indices from ArcGIS Patch Analysis built-in functions were used to analyze the growth patterns including: (1) class area (CA), (2) number of patches (NumP), (3) mean patch size (MPS), (4) area-weighted mean shape index (AWMSI), and (5) edge density (ED). The resulting urban areas were divided into 4 quadrants and reported clockwise, started with the northeast, the southeast, the southwest and the northwest. The overall result indicated that the newly growth areas in each time interval and of all quadrants had significantly increased but with

higher scattering rate, which was a result of an increasing CA with higher NumP value but, with lesser MPS. Higher AWMSI and ED values were also found which confirmed disorganized scattering patterns trend of this future mega city area. Details of growth patterns were presented in the form of geographic maps and compared using statistic tables.

Key Word : Patch Analysis, Urban Growth Pattern

1. บทนำ

จังหวัดขอนแก่น เป็นจังหวัดสำคัญในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ด้วยภูมิศาสตร์ที่โดดเด่น มีพื้นที่ใหญ่เป็นอันดับ 5 ของภาค ในปัจจุบันเมืองขอนแก่นถือเป็นศูนย์กลางทางด้านการศึกษา ความเจริญ เศรษฐกิจ หน่วยงานราชการบางหน่วยงาน และการคมนาคม ที่สำคัญของภูมิภาคอีสานตอนกลาง ทำให้จังหวัดขอนแก่นมีการขยายตัวสูงในทุกๆ ภาคส่วน และส่วนที่มีการขยายตัวเป็นอย่างมากก็คือ การขยายตัวของเมือง

รูปแบบการขยายตัวของเมือง เป็นสิ่งสำคัญต่อการที่ประสบผลสำเร็จ วัดได้จากการการขยายตัวของเมือง ผู้คนในเมือง เศรษฐกิจและการเข้าถึงของเทคโนโลยีต่างๆมากมาย การพัฒนาเมืองให้ไปสู่ความเจริญนั้นก็ขึ้นอยู่กับผู้ที่เข้ามารับบทบาทหน้าที่ในการบริหารเมือง แต่สิ่งที่เข้ามาเพื่อพัฒนาความเป็นเมืองนั้นก็ไปส่งผลกระทบต่อ วิถีชีวิตของคนเป็นอย่างมาก ส่งผลกระทบในหลายๆเรื่อง ไม่ว่าจะเป็น สังคม ความเป็นอยู่ วัฒนธรรม ภาษา ความคิด สิ่งเหล่านี้จะเปลี่ยนไปจากเดิมก่อนที่เมืองจะเจริญเติบโต การเข้ามาของเทคโนโลยี ความสะดวกสบายในหลายๆด้าน เกิดจากการพัฒนาจากชุมชนชนบทไปเป็นชุมชนเมือง โดยสิ่งเหล่านี้ที่เข้ามาจะส่งผลกระทบทั้งด้านดีและด้านเสีย ซึ่งก็เป็นส่วนดีที่ชุมชนเกิดการพัฒนา เพราะการพัฒนาจะนำไปสู่ความเจริญ เมื่อเจริญจะทำให้ชีวิตความเป็นอยู่ของคนดีขึ้น นั้นเป็นแนวคิดของความเป็นเมืองซึ่งไม่แน่นอนจริงๆแล้วเต็มไปด้วยปัญหาต่างๆมากมายเกี่ยวกับวิถีชีวิตของคนในเมือง

การศึกษารูปแบบการขยายตัวของเมืองสามารถกระทำได้โดยการวิเคราะห์แพทช์ (Patch Analysis) โดยอาศัยหลักการของศาสตร์ทางด้านนิเวศภูมิทัศน์ (Landscape Ecology) โดยกำหนดให้ขอบเขตพื้นที่ เพื่อการวิเคราะห์เป็นไปตามเขตครอบคลุมกลุ่มเมือง โดยถือว่าเป็นภูมิทัศน์ที่น่าสนใจ (Landscape) และให้ความสนใจของลักษณะการเกิดเมือง หรือลักษณะการกระจายเป็นส่วนๆ(Fragmentation)ของเมือง สำหรับการวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ที่แสดงลักษณะเชิงพื้นที่ของแพทช์ ด้วยโปรแกรมทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โดยประยุกต์หลักการสถิติเชิงพื้นที่ตามขั้นตอนวิธี (Algorithm) และการวิเคราะห์แพทช์ (Patch analysis)

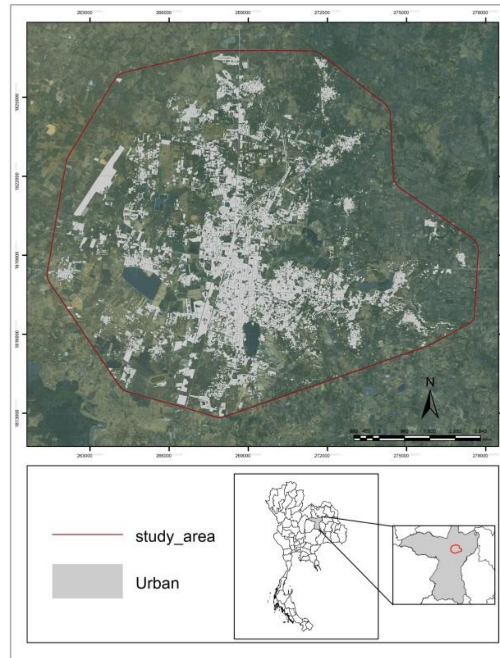
2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อทราบถึงรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของเมืองในพื้นที่เทศบาลนครขอนแก่นจากค่าดัชนีที่ได้จากการวิเคราะห์แพทช์ (Patch Analysis)

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษา

เทศบาลนครขอนแก่น ตั้งอยู่ในเขตของอำเภอเมืองขอนแก่น ครอบคลุมพื้นที่ 46 ตร.กม. อยู่ห่างจากกรุงเทพมหานครประมาณ 445 กม. อยู่ในระดับความสูงประมาณ 150–200 เมตร จากระดับน้ำทะเล ลักษณะทั่วไปเป็นที่ราบ และลาดชันขึ้นไปทางทิศเหนือ ซึ่งเป็นที่ตั้งของบริเวณมหาวิทยาลัยขอนแก่น มีอาณาเขตติดต่อกับพื้นที่ใกล้เคียง ดังนี้ ทิศเหนือจรด ตำบลศิลา ทิศใต้จรด ตำบลเมืองเก่า ทิศตะวนออกจรด ตำบลพระลับ ทิศตะวันตกจรด ตำบลบ้านเป็ด(รูปที่ 1)



รูปที่ 1แผนที่พื้นที่ศึกษา เทศบาลนครขอนแก่น

3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ (ตารางที่ 1)

- การเก็บรวบรวมภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูง โดยใช้ภาพถ่ายความละเอียดสูงจากโปรแกรม Google Earth ปี ค.ศ. 2002 และ 2006
- การสร้างข้อมูลหย่อมพื้นที่เมือง (Urban patch) ได้ดำเนินการโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้จากโปรแกรม Google Earthและจาก Base Map ในโปรแกรม Arc GIS

ตารางที่ 1 ตารางข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ชั้นข้อมูล	ชนิดข้อมูล	มาตราส่วน	แหล่งข้อมูล
ข้อมูลภาพถ่ายความละเอียดสูง (Quick Bird, worldview) ปี ค.ศ. 2002 2006 และ 2010	.tiff	1:4,000	Google Earth, Bing Map
ข้อมูลหย่อมพื้นที่เมืองปี ค.ศ. 2002 2006 และ 2010	Shape file		สร้างข้อมูลด้วยตนเอง

3.3 ขั้นตอนการวิจัย

ขั้นตอนการวิจัยแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอน (รูปที่ 2) โดยมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังนี้

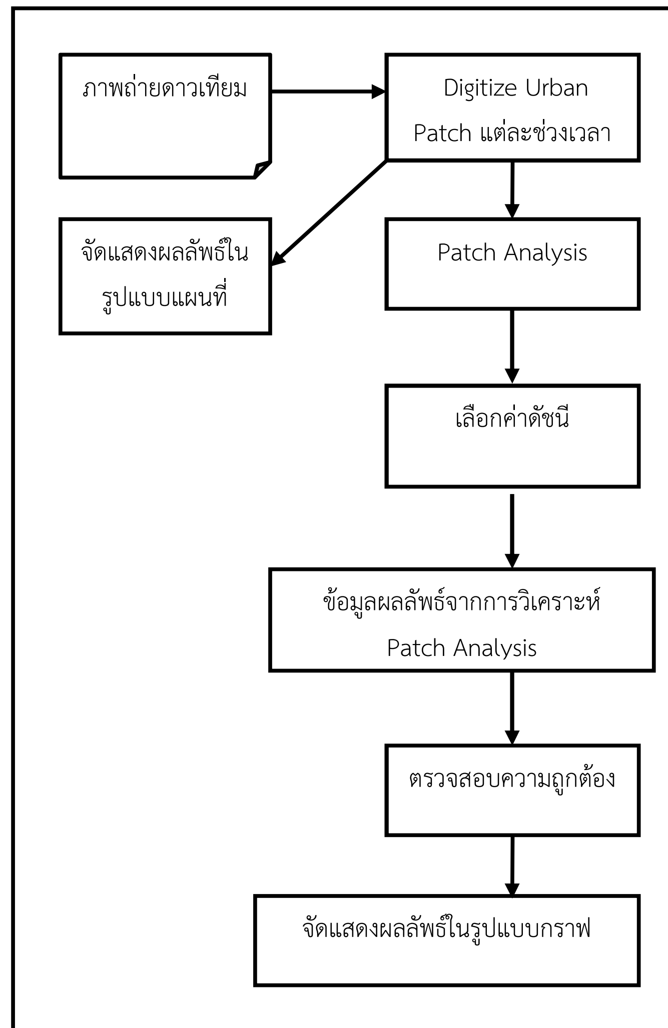
- การดิจิไทซ์ (Digitizing) จากการศึกษานี้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมใน 3 ช่วงเวลา คือ ค.ศ. 2002 ค.ศ. 2006 และ ค.ศ. 2010 โดยการดิจิไทซ์ (Digitizing) เป็นชื่อที่ใช้เรียกกระบวนการคัดลอกลายจากแผนที่ฐาน เช่น ภาพถ่ายจากดาวเทียม ภาพถ่ายทางอากาศ แผนที่ภูมิประเทศ แผนที่โฉนดที่ดิน ซึ่งเป็นข้อมูลแรสเตอร์ให้อยู่ในรูปแบบเวกเตอร์ (จุด เส้น

หรือรูปปิด) ด้วยระบบคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ต่อพ่วง ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการดิจิไทซ์ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูงเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ในขั้นตอนส่วนถัดไป โดยจากการศึกษานี้ทำการเลือกประเภทข้อมูล 1 ประเภท คือ พื้นที่เมือง

- การวิเคราะห์แพทช์ (Patch Analysis)เพื่อให้ทราบรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ศึกษา ทำการเลือกค่าดัชนีภูมิทัศน์ที่ถูกคำนวณโดยใช้ Patch Analysis 4.0 สำหรับ ArcGIS ดัชนีที่ได้รับการพิจารณา คือ พื้นที่ของชั้นข้อมูล (CA) จำนวนของแพทช์ (NumP) ค่าเฉลี่ยของขนาดของแพทช์ (MPS) ค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยของดัชนีรูปร่าง (AWMSI) และ ความหนาแน่นของขอบ (ED) แสดงรายละเอียดไว้ดัง ตารางที่ 1 ค่าพื้นที่ของชั้นข้อมูล (CA) จำนวนของแพทช์ (NumP) และค่าเฉลี่ยของขนาดของแพทช์ (MPS) เป็นดัชนีที่ไม่เป็นเชิงพื้นที่ในขณะที่ ค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยของดัชนีรูปร่าง (AWMSI) และความหนาแน่นของขอบ (ED) เป็นดัชนีเชิงพื้นที่ โดย ค่าพื้นที่ของชั้นข้อมูล (CA) คือ ผลรวมของพื้นที่ของแพทช์ทั้งหมดของชั้นข้อมูลที่กำหนด (Patch Analysis Mannul, 1999) คำนวณโดยการคำนวณพื้นที่ที่ถูกแทนโดยประเภทสิ่งปกคลุมดิน จำนวนของแพทช์ (NumP) เป็นแพทช์ทั้งหมดภายในภูมิประเทศ เมื่อภูมิทัศน์ขนาดใหญ่ขึ้นจำนวนของแพทช์ (NumP) จะมีขนาดเพิ่มขึ้น พื้นที่ของชั้นข้อมูล (CA) และ จำนวนของแพทช์ (NumP) ทำให้เห็นกระบวนการการเปลี่ยนแปลงภูมิทัศน์ ค่าเฉลี่ยของขนาดของแพทช์ (MPS) ถูกเลือกเพราะเป็นตัวบ่งชี้ของความหลากหลายภายในแพทช์ ค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยของดัชนีรูปร่าง (AWMSI) เป็นดัชนีรูปร่างเมื่อแต่ละแพทช์มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างค่าของค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยของดัชนีรูปร่าง (AWMSI) จะเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของขอบ (ED) หมายถึงจำนวนของขอบภูมิทัศน์และมีความสัมพันธ์กับระดับของความแตกต่างเชิงพื้นที่ (Antwi et al. 2008) ความหนาแน่นของขอบ (ED) ได้รับเลือกให้ปริมาณการเปลี่ยนแปลงของความอุดมสมบูรณ์และคุณลักษณะเฉพาะของขอบและสรุปผลกระทบทางนิเวศวิทยาที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 1ตารางแสดงรายละเอียดและคำอธิบายเกี่ยวกับดัชนีชี้วัดPatch Analysis

ตัวแปร	สมการ
พื้นที่ของชั้นข้อมูล (CA)	CA = $\sum_{i=1}^{i}(aij)$ (unit : km^2)
จำนวนของแพทช์ (NumP)	NumP = $\sum_{i=1}^{n}(Pi)$ (unit : none)
ค่าเฉลี่ยของขนาดของแพทช์ (MPS)	MPS = $(\sum_{i=1}^{n}[a_i])/m$(unit : km^2)
ค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยของดัชนีรูปร่าง (AWMSI)	AWMSI = $\sum_{ji}^{n}\left(\left(\frac{Pij}{\min Pij}\right)\left(\frac{aij}{\sum_{j=i}^{n} aij}\right)\right)$ (unit : none)
ความหนาแน่นของขอบ (ED)	ED = TE/TLA (unit : m/km^2)



รู
ปที่ 2แผนผังการดำเนินงาน

4. ผลการวิจัย

4.1รูปแบบของพื้นที่ และการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ ในเทศบาลนครขอนแก่นผลลัพธ์จากการดิจิไทซ์ (Digitizing) รูปแบบพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในเทศบาลนครขอนแก่น ปี ค.ศ. 2002 ค.ศ. 2006 และค.ศ. 2010แสดงไว้ดังรูปที่ 3 และแสดงค่าพื้นที่เมืองของแต่ละช่วงเวลา ไว้ดังตารางที่ 2

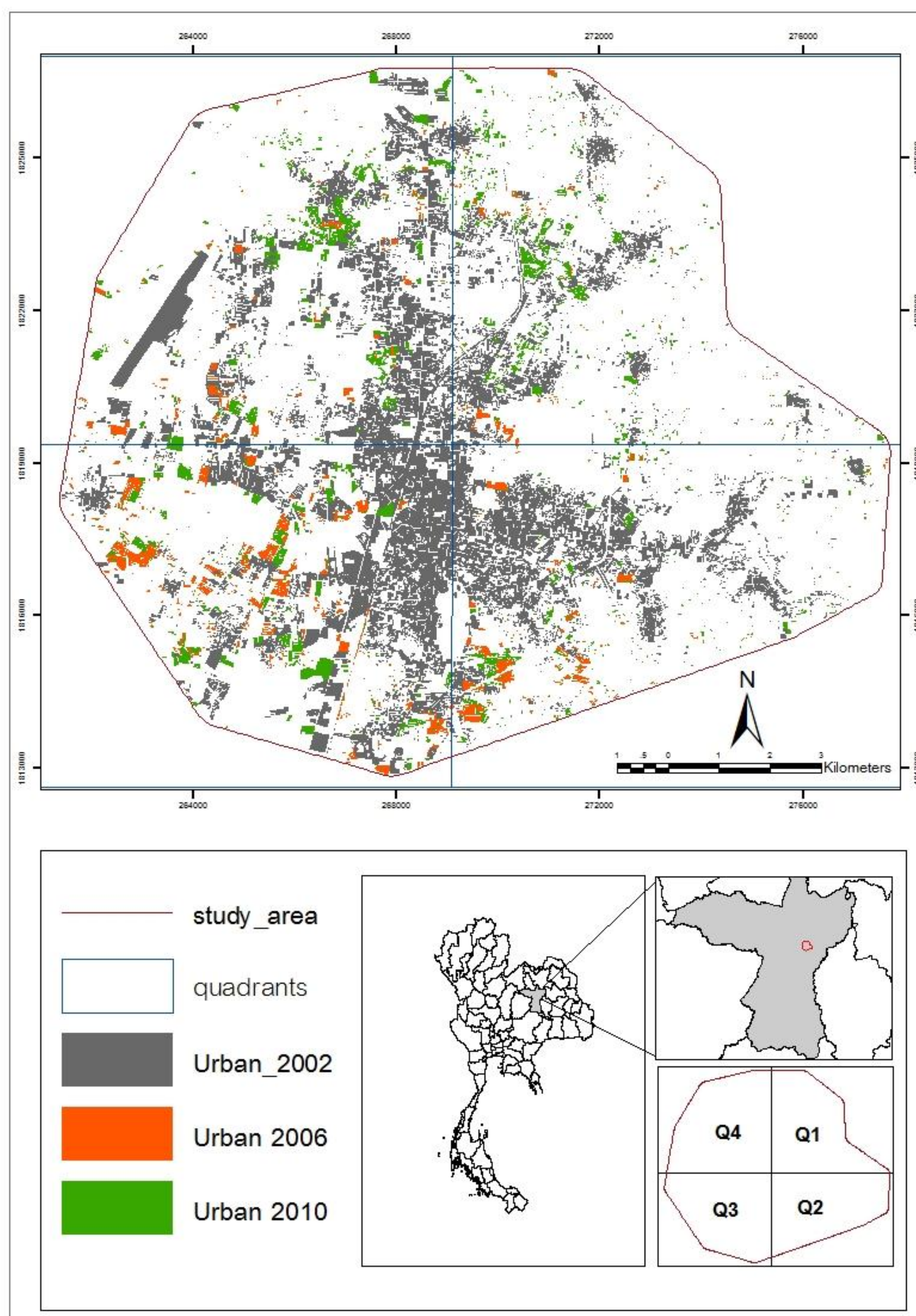
ตารางที่ 2ตารางแสดงผลลัพธ์ค่าพื้นที่ของชั้นข้อมูล

ปี (ค.ศ.)	พื้นที่เมือง (CA) (unit:km^2)
2002	31.25
2006	34.68
2010	39.74

4.2ค่าดัชนีที่จากการวิเคราะห์แพทช์ (Patch Analysis) ผลลัพธ์การจาราวิเคราะห์แพทช์(Patch Analysis) โดยค่าที่ได้แสดงค่าผลลัพธ์ของค่าดัชนี 4 ค่า คือ จำนวนของแพทช์ (NumP) ค่าเฉลี่ยของขนาดของแพทช์ (MPS) ค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยของดัชนีรูปร่าง (AWMSI) และ ความหนาแน่นของขอบ (ED) ดังตารางที่ 3ผู้จัดทำจึงทำการแสดงรูปแบบของพื้นที่ออกเป็น 4 ควอแดรนท์ และรายงานตามเข็มนาฬิกา เริ่มต้นที่ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงเหนือแสดงไว้ดังรูปที่ 3และได้แสดงค่าผลลัพธ์ของค่าดัชนี 4 ค่า แบ่งตามควอแดรนท์ ดังตารางที่ 4 ผู้วิจัยได้จัดทำผลลัพธ์ออกมาในรูปแบบกราฟเพื่อง่ายต่อการเปรียบเทียบค่าดัชนี ดังรูปที่ 4 เพื่อแสดงให้เห็นรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ที่ชัดเจนขึ้นและแสดงรูปแบบพื้นที่เมืองภาพย่อย ดังรูปที่ 5

ตารางที่ 3 ตารางแสดงผลลัพธ์ค่าดัชนีการวิเคราะห์แพทช์(Patch Analysis)

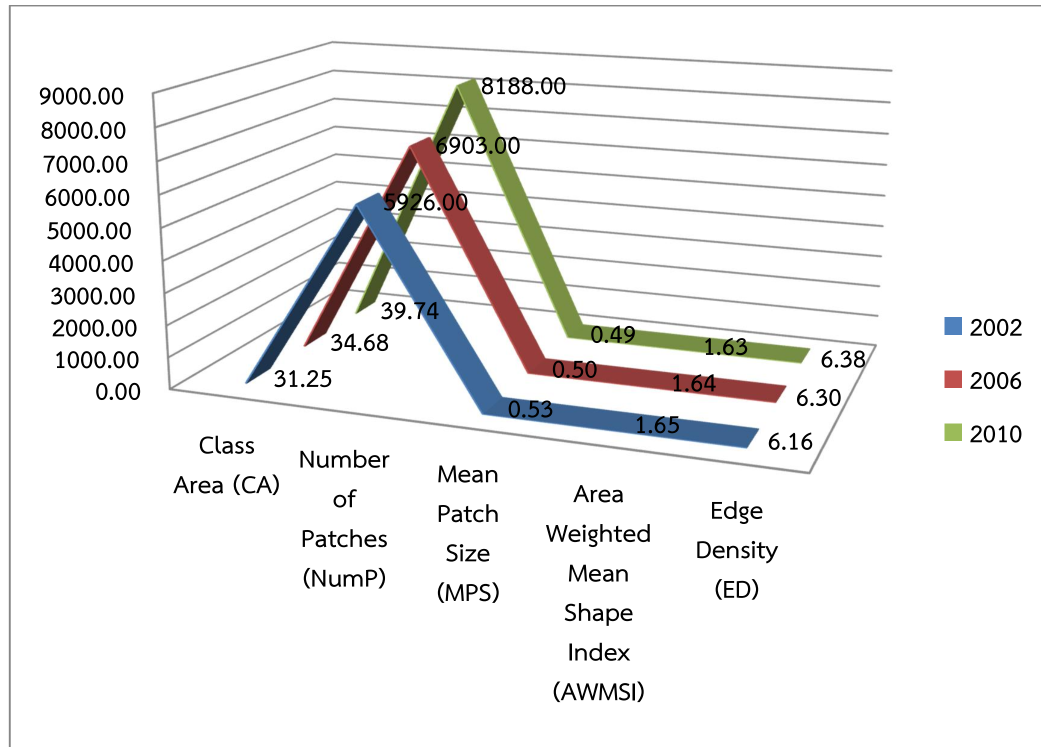
Date	Area Weighted Mean Shape Index (AWMSI)	Edge Density (ED) (unit : m/km^2)	Mean Patch Size (MPS) (unit : km^2)	Number of Patches (NumP)
2002	1.65	6.16	0.0053	5926.00
2006	1.64	6.30	0.0050	6903.00
2010	1.63	6.38	0.0049	8188.00



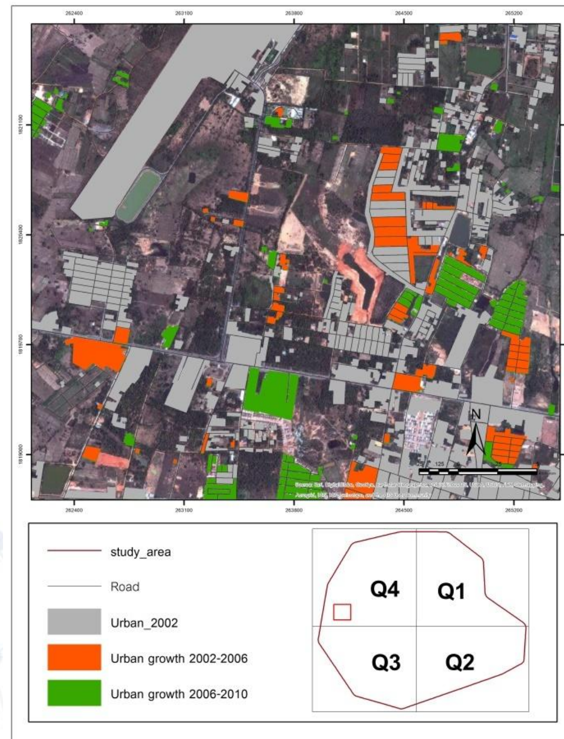
รูปที่ 3รูปแบบพื้นที่เมืองแบ่งออกเป็น 4 ควอแดรนท์

ตารางที่ 4 ตารางแสดงผลลัพธ์ค่าดัชนีการวิเคราะห์แพทช์(Patch Analysis)4 quadrants

Name		Class Area (CA)		Number of Patches (NumP)		Mean Patch Size (MPS)		Area Weighted Mean Shape Index (AWMSI)		Edge Density (ED)	
		Index	change	Index	change	Index	change	Index	change	Index	change
Q1	2002	4.66	0	1,329	0	0.0035	0	1.66	0	7.83	0
	2006	5.02	0.35	1,475	146	0.0034	-0.0001	1.65	-0.01	7.88	0.05
	2010	6.35	1.32	1,972	497	0.0032	-0.0002	1.64	-0.01	8.05	0.17
Q2	2002	8.27	0	1,823	0	0.0045	0	1.61	0	6.67	0
	2006	9.04	-0.77	2,061	238	0.0044	-0.0001	1.6	-0.01	6.76	0.09
	2010	9.82	0.78	2,339	278	0.0042	-0.0002	1.6	0	6.88	0.12
Q3	2002	11.17	0	1,558	0	0.0072	0	1.6	0	5.29	0
	2006	12.92	1.74	2,041	483	0.0063	-0.0011	1.59	-0.01	5.62	0.33
	2010	14.51	1.58	2,278	237	0.0064	0.0001	1.59	0	5.59	-0.03
Q4	2002	10.18	0	1,558	0	0.0065	0	1.75	0	5.59	0
	2006	10.50	0.31	1,666	108	0.0063	-0.0002	1.74	-0.01	5.67	0.08
	2010	12.33	1.83	2,003	337	0.0062	-0.0001	1.71	-0.03	5.71	0.04



รูปที่ 4 ค่าดัชนีการวิเคราะห์แพทช์(Patch Analysis)



รูปที่ 5 รูปแบบพื้นที่เมืองภาพย่อย (Quadrant 4)

5. วิจารณ์ผลและสรุปผล

5.1วิจารณ์ผล

ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์แพทช์(Patch Analysis) สามารถแบ่งประเด็นการเปรียบเทียบค่าดัชนีออกเป็น 2 ประเด็นดังนี้ คือ

1. จำนวนของแพทช์ (NumP) และ ค่าเฉลี่ยของขนาดของแพทช์ (MPS)ภาพรวมเมืองทั้งหมดและทุกควอแดรนเมืองมีจำนวนของแพทช์ (NumP) เพิ่มขึ้น และ ค่าเฉลี่ยของขนาดของแพทช์ (MPS) ลดลง แสดงให้เห็นว่ามีการเกิดขึ้นของพื้นที่เมือง ชุมชนเพิ่มขึ้น ตามค่าจำนวนของแพทช์ที่เพิ่มขึ้น เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของจำนวนของแพทช์ค่าเฉลี่ยของขนาดของแพทช์ลดลง เมืองเริ่มกระจายตัวเป็นพื้นที่เล็กๆ ออกไปเพิ่มขึ้น

2. ค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยของดัชนีรูปร่าง (AWMSI) และ ความหนาแน่นของขอบ (ED) ภาพรวมเมืองทั้งหมด และทุกควอแดรนท์ ความหนาแน่นของขอบ (ED) แสดงให้เห็นถึงรูปแบบการขยายตัวของการใช้ประโยชน์ที่ดิน เมื่อมีค่าความหนาแน่นของขอบ (ED) มากแสดงให้เห็นถึงการขยายตัวที่เพิ่มมากขึ้น ค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยของดัชนีรูปร่าง (AWMSI) และ ความหนาแน่นของขอบ (ED) มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา การลดลงของ ค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยของดัชนีรูปร่าง (AWMSI) ของพื้นที่เมือง แสดงให้เห็นว่ารูปร่างของแพทช์มีความหลากหลายลดลง เมืองเริ่มมีเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความหนาแน่นของขอบ (ED) แพทช์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น มีการรวมกันเป็นกลุ่มเป็นก้อนเพิ่มขึ้น

จากรูปแบบภาพย่อยทิศตะวันตกเฉียงเหนือ(Quadrant 4) ที่ยกตัวอย่าง มีการเพิ่มขึ้นของจำนวนแพทช์(NumP) เป็นจำนวนมากในปี ค.ศ. 2010จาก16.66 เป็น 20.03ตารางกิโลเมตร ค่าเฉลี่ยของขนาดของแพทช์(MPS) ลดลง เริ่มมีการขยายตัวของเมืองออกมาเรื่อยๆบริเวณสนามบินมีพื้นที่เมืองเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของเมืองเพิ่มขึ้นจากค่าความหนาแน่ของขอบ(ED) ที่เพิ่มขึ้น ค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยของดัชนีรูปร่าง(AWMSI)ที่ลดลงเนื่องจากมีการรวมกลุ่มเป็นก้อนมากขึ้น ลักษณะเมืองมีรูปร่างมาตรฐานเพิ่มขึ้น

จากทั้ง 2 ประเด็น อาจส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม เกิดปัญหาการใช้ประโยชน์ที่ดินไม่สอดคล้องกับสภาวะความเป็นจริง และในอนาคตอาจเกิดการขยายตัวของเมืองอย่างไร้ทิศทาง คือ มีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น ทำให้ชุมชนบริเวณพื้นที่ชานเมือง มีประชาชนเคลื่อนย้ายเข้าไปตั้งถิ่นฐานมากขึ้น มีความเจริญเพิ่มมากขึ้น ผลจากการขยายตัวอย่างไร้ทิศทางต่อพื้นที่ชานเมือง ทำให้พื้นที่เกษตรกรรมลดลง การขาดแคลนพื้นที่สีเขียว ประชากรในเมืองจำเป็นต้องเดินทางไกลมากขึ้น เสียค่าใช้จ่ายมากขึ้นในการเดินทางเข้าหาธรรมชาติ นอกจากนั้นยังส่งผลกระทบต่อการเสียสมดุลของระบบนิเวศวิทยา โดยการขาดสัดส่วนที่เหมาะสมกัน ระหว่างสภาพแวดล้อมที่เป็นธรรมชาติ และสภาพแวดล้อมที่สร้างขึ้นโดยมนุษย์ ส่งผลต่อปัญหาสังคมอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบวิถีชีวิต การประกอบอาชีพของประชากรจากการเกษตรกรรมมาสู่รูปแบบใหม่ การไร้ที่ดินทำกิน เป็นต้น

5.2 สรุป

การวิเคราะห์แพทช์ (Patch Analysis)เพื่อให้ทราบรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ศึกษา ทำการเลือกค่าดัชนีภูมิทัศน์ที่ถูกคำนวณโดยใช้ Patch Analysis 4.0 สำหรับ ArcGIS ดัชนีที่ได้รับการพิจารณา คือ พื้นที่ของชั้นข้อมูล (CA) จำนวนของแพทช์ (NumP) ค่าเฉลี่ยของขนาดของแพทช์ (MPS)ค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยของดัชนีรูปร่าง (AWMSI) และ ความหนาแน่นของขอบ (ED) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การเติบโตที่เกิดขึ้นใหม่ในแต่ละช่วงเวลา และทุกควอแดรนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีอัตราการกระจายที่สูงขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากการ พื้นที่ของชั้นข้อมูล (CA) และจำนวนของแพทช์ (NumP) มีค่าสูงขึ้น แต่ ค่าเฉลี่ยของขนาดของแพทช์ (MPS) น้อยลง ค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยของดัชนีรูปร่าง (AWMSI) และ ความหนาแน่นของขอบ (ED) ที่สูงขึ้น ช่วยในการยืนยันแนวโน้มรูปแบบการกระจายตัวของเมืองที่ไม่เป็นระเบียบของเมืองขนาดใหญ่ในอนาคต

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 จากการศึกษานี้ใช้วิธีการวิเคราะห์ Patch Analysis ซึ่งเลือกใช้ค่าดัชนี 5 ค่า ซึ่งสามารถเลือกใช้ค่าดัชนีอื่นๆตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาอื่นๆให้เหมาะสมได้

6.2จากการศึกษานี้สามารถนำไปอ้างอิงได้กับพื้นที่ที่มีลักษณะการวางผังเมือง ภูมิประเทศ ที่ใกล้เคียงกัน

6.3การ classification อาจเลือกใช้วิธีการอื่นตามความต้องการของวัตถุประสงค์

7. เอกสารอ้างอิง

Fei Yuan, Kali E. Sawaya, Brian C. Loeffelholz, Marvin E. Bauer. 2005. Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote sensing. **Remote Sensing of Environment, 98** (2005), 317 – 328

NitchanunBoonyasup, KankhajaneChuchip. (2552). Appropriate Forest Corridor Classification in Eastern Forest Complex using Remote Sensing Techniques and GIS.**The graduate School, Kasetsart University**

Robert Rempel. (2003). Patch Analyst For ArcGIS. **Centre for Northern Forest Ecosystem Research,** 2003, 1-2

SushantPaudel, Fei Yuan. (2011). Assessing landscape changes and dynamics using patch analysis and GIS modeling.**International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 16** (2012), 66–76

การวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ ดัชนีความชุ่มชื้น และดัชนีพื้นที่ใบ จากภาพถ่ายดาวเทียมเทอร์ราโมดิส 10 ปี เพื่อหาชีพลักษณ์ของป่าเต็งรังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

A-ten-year analysis of Terra MODIS NDVI NDWI and LAI for phenology of dry dipterocarp forestsin Northeast region of Thailand

เอกรัฐ สีขาว [1] ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์ [1,2]

Aggarat Seekaw Charat Mongkolsawat

[1] ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

[2] ศูนย์ภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

e-mail : seekaw_a@hotmail.com, charat@kku.ac.th

บทคัดย่อ

ความสามารถในการประมาณการพื้นที่ป่าไม้และมวลชีวภาพมีความลำบากและค่อนข้างยาก เนื่องจากความเข้าใจเกี่ยวกับชีพลักษณ์มีค่อนข้างที่จะจำกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ป่าเต็งรัง นอกจากนี้การได้มาซึ่งข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ปราศจากเมฆที่มีความสอดคล้องกับช่วงเวลาที่พืชทิ้งใบ นำไปสู่การประเมินพื้นที่ป่าไม้ที่ต่ำกว่าความเป็นจริง การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อสำรวจช่วงเวลาการเริ่มต้นและการทิ้งใบของป่าไม้ เพื่อจะได้เข้าใจถึงการพัฒนาเรือนยอดของป่าไม้ การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Terra MODIS 10 ปี เพื่อหา NDVI NDWI และ LAI ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยแบ่งพื้นที่การศึกษาออกเป็น 3 โซน กำหนดพื้นที่ตัวอย่าง 30 ตัวอย่างในแต่ละโซน ซึ่งอยู่ในพื้นที่ป่าไม้ที่มีความอุดมสมบูรณ์ในเขตป่าสงวนของภาครัฐ ได้แก่ ภูเขียว ภูพาน และภูเก้า-ภูพานคำ ผลการศึกษา พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในเชิงเวลาของ NDVI NDWI และ LAI ระหว่าง 3 โซน โดยการทิ้งใบของป่าเต็งรังเริ่มในเดือนมกราคม และทิ้งใบสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์แล้วจึงเริ่มผลิใบใหม่ในเดือนมีนาคมอย่างเห็นได้ชัด ไม่ว่าปริมาณน้ำฝนจะเริ่มหรือหยุดลงเมื่อใดรูปแบบการเปลี่ยนแปลงยังคงมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ดังนั้นในการประเมินหาพื้นที่ป่าไม้ในพื้นที่*ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย*ควรหลีกเลี่ยงการใช้ภาพถ่ายในช่วงเดือนกุมภาพันธ์

คำสำคัญ: ดัชนีพืชพรรณ ดัชนีความชุ่มชื้น ดัชนีพื้นที่ใบ เทอร์ราโมดิส และป่าเต็งรัง

ABSTRACT

Ability to estimate forest area and biomass has been hampered by rather limited understanding of leaf phenology, particularly in deciduous dipterocarp forest. Moreover, acquisition of free cloud images often correspond to the timing of vegetation defoliation, leading to underestimate the greenness areas. This study aims to explore the onset and duration of deciduous forest defoliation, to better understanding the canopy development. We used a-ten-year of Terra/MODIS data to determine the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Water Index (NDWI) and Leaf Area Index (LAI) across Northeast Thailand. Three zones, each of 30 training samples, in the selected deciduous forest were analyzed. The three zones, PhuKhieo, PhuPhan and PhuKao-PhuPhanKham are located in a flourishing vegetation of the government reserves.The results indicate that no

significant difference in temporal patterns of NDVI NDWI and LAI among the three study zones. Dry dipterocarp forests that start defoliation in January with their peak in February and gradually increase in March is evident. No matter the onset and ending of rainfall is, this pattern remain little change. Therefore, to enhance the ability to estimate the forest areas should avoid using the date in the month of February for the Northeast region of Thailand.

KEY WORDS: NDVI NDWI LAI Terra/MODIS and dipterocarp forest

1. บทนำ

การเปลี่ยนแปลงของป่าไม้มีความแตกต่างกัน และมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพของพื้นที่ช่วงเวลาของฤดูกาลและปัจจัยทางสภาพแวดล้อมอื่นๆ ในประเทศไทยสามารถแบ่งประเภทของป่าไม้ 2 ประเภท ได้แก่ **ป่าดงดิบหรือป่าไม่ผลัดใบ (Evergreen forest) และป่าผลัดใบ (Deciduous Forest)** โดยที่ป่าไม้ในภาคภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่เป็น**ป่าผลัดใบ/ป่าเต็งรัง**ที่มีไม้วงศ์ยางบางชนิดเป็นไม้เด่น ได้แก่ เต็ง รัง เหียง พลวง และยางกราดเป็นต้น (สรายุทธ บุณยะเวชชีวิน, 2555) โดยทั่วไปความหนาแน่นของต้นไม้ในป่าเต็งรังจะน้อยกว่าป่าเบญจพรรณเพราะดินตื้นกักเก็บน้ำได้น้อย มีหินบนผิวดินมาก ก่อให้เกิดความแห้งแล้ง และป่าเต็งรังยังเป็นสังคมพืชเด่นของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เกิดขึ้นในระดับความสูงประมาณ 100-1,000 เมตร จากระดับน้ำทะเลมีช่วงแห้งแล้งจัดเกิน 4 เดือนต่อปี ประกอบกับปริมาณน้ำฝนตกน้อยคือ 900-1,200 มิลลิเมตรต่อปีเท่านั้น (กรมป่าไม้, 2553) ปัจจุบันป่าเต็งรังในประเทศไทยมีความเสื่อมโทรมลงมากเพราะการตัดไม้ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจออกไปใช้งานสัตว์เลี้ยงพวกวัวควายเข้าไปหากินในป่าเหยียบย่ำทำลายพันธุ์ไม้ต่างๆรวมทั้งผลกระทบจากไฟป่าที่เกิดขึ้นมักรุนแรงเกินกว่าป่าจะฟื้นตัวได้ทัน (**ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์**, 2549)

ลักษณะของรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณที่สังเกตได้ในช่วงเวลาพื้นที่ขาดความชุ่มชื้นมี 2 ลักษณะ คือ ความเครียดของพืชพรรณ (Vegetation Stress) และชีพลักษณ์ของพืช (Phenology) สามารถใช้ดัชนีทางการรับรู้จากระยะไกลเป็นเครื่องมือในการสกัดลักษณะพื้นที่ที่เกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น การขาดน้ำ ขาดความชื้นและอื่นๆ ที่ทำให้พืชพรรณเกิดการทิ้งใบ หรือหยุดการเจริญเติบโตในระยะเวลาหนึ่ง (Mooney, 1999) และชีพลักษณ์ของพืชเป็นการตอบสนองของพืชพรรณในแต่ละช่วงฤดูกาลการตอบสนองนั้นพืชอาจจะต้องลดปริมาณน้ำในใบไปจนกระทั้งทิ้งใบเพื่อลดการคายน้ำ เป็นต้นเพื่อรอให้สภาพอากาศเหมาะสมจึงผลิใบใหม่อีกครั้งในฤดูกาลที่มีสภาวะที่เหมาะสม (Rathcke and Lacey, 1985)การใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อติดตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงของพืชที่ปรากฏเป็นค่าการสะท้อนทำให้สามารถอธิบายลักษณะที่แตกต่างกันในฤดูฝนและฤดูแล้งได้โดยปกติพื้นที่ป่าเต็งรังจะมีเรือนยอดเปิดต้นไม้ขึ้นกระจายห่างๆ และมีหญ้าปกคลุมในช่องว่างเป็นบริเวณกว้างทำให้ค่าการสะท้อนของคลื่นในพื้นที่ป่าเต็งรังในฤดูฝนและฤดูแล้งมีความแตกต่างกันอย่างมีความหมายส่วนพื้นที่ป่าไม่ผลัดใบอย่างป่าดิบเขาหรือป่าดิบแล้งจะมีต้นไม้ขึ้นอยู่หนาแน่นและมีเรือนยอดหลายชั้นทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงในฤดูฝนเมื่อถึงฤดูแล้งปริมาณคลอโรฟิลล์จะลดต่ำลงส่งผลต่อค่าการสะท้อนที่แตกต่างจากช่วงฤดูฝนเช่นกัน (แคแสด มงคลสวัสดิ์, 2552) ดังนั้นการผลักใบของป่าไม้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนืออาจทำให้การแปลตีความภาพเพื่อหาพื้นที่ป่าไม้ที่แท้จริงเกิดความผิดพลาดไป และปัญหานี้มักจะมีความผิดพลาดมากขึ้นเมื่อมีการตัดไม้ทำลายป่าแล้วมีพืชพรรณทุติยภูมิเกิดขึ้นมาแทนที่ ซึ่งมักจะตีความหมายเป็นป่าไม้แทนที่จะถูกแปลตีความเป็นพืชพรรณทุติยภูมิ เห็นได้ชัดเจนว่าในประเทศในพื้นที่ลุ่มน้ำโขง เช่น สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ซึ่งมีพืชพรรณทุติยภูมิที่ให้ค่าการสะท้อนของดัชนีพืชพรรณที่สูงเทียบเท่าป่าไม้เนื่องจากความเข้าใจเกี่ยวกับชีพลักษณ์มีค่อนข้างที่จะจำกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ป่าไม้ เช่น ป่าเต็งรัง หรือป่าผลัดใบ นอกจากนี้การได้มาซึ่งข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ปราศจากเมฆและความสอดคล้องกับช่วงเวลาที่พืชทิ้งใบ นำไปสู่การประเมินพื้นที่ป่าไม้ที่ต่ำกว่าความเป็นจริง

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงไปของชีพลักษณ์ของใบ หรือปริมาณความเขียวในใบของพืชพรรณในพื้นที่ป่าเต็งรัง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Terra/MODIS 10 ปี (พ.ศ. 2544-2553) ด้วยดัชนีเชิงสเปกตรัมทางการรับรู้จากระยะไกลเป็นการบูรณาการข้อมูลและเครื่องมือเพื่อการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของชีพลักษณ์ของใบในพื้นที่ป่าเต็งรัง/ป่าผลัดใบ ได้แก่ ดัชนีพืชพรรณ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)ซึ่งเป็นค่าความแตกต่างของจุดภาพ (Pixel) ระหว่างช่วงคลื่น NIR และ REDมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ซึ่งค่า -1 แสดงว่าไม่มีพืชพรรณหรือมีคลอโรฟิลล์ต่ำมากและค่าเข้าใกล้1 แสดงว่าพื้นที่นั้นมีพืชพรรณอยู่หนาแน่นหรือมีคลอโรฟิลล์สูง (Singh et al., 2003) ดัชนีดัชนีความชุ่มชื้น

Normalized Difference Water Index (NDWI) คือ ผลต่างระหว่างช่วงคลื่น NIR และ SWIRสะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในใบ/เรือนยอดของพืชพรรณ โดย NIR จะสะท้อนถึงโครงสร้างภายในใบและลักษณะความแห้งไม่ใช่ปริมาณน้ำ การใช้ NIR กับ SWIR ร่วมกันในรูปแบบผลต่างเพื่อจะรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของใบและการตรวจสอบปริมาณน้ำในพืช (Ceccato et al., 2001; Gu et al., 2008) ปริมาณน้ำในใบส่วนใหญ่จะสะท้อนในช่วงสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า SWIR และการสะท้อนมีความสัมพันธ์ทางลบกับปริมาณน้ำในใบ (Tucker & Choudhury, 1980) ทั้งนี้มีงานวิจัยได้ศึกษาเปรียบเทียบความสามารถของ NDVI และ NDWI ในการประมาณค่าความชื้นในพืชพรรณและได้ข้อสรุปที่สอดคล้องกันว่า ดัชนี NDWI มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำหรือระดับความชื้นในตัวพืชพรรณมากกว่า NDVI อย่างเห็นได้ชัด เช่น Gao (1996) พบว่า NDWI ที่ได้จากข้อมูลระบบเซ็นเซอร์ MODISเป็นตัวบ่งชี้ที่ดีสำหรับพืชและความชื้น/น้ำน้อยที่ไวต่อผลกระทบที่กระจัดกระจายของบรรยากาศดีกว่า NDVI และNDWI ถูกนำมาใช้เพื่อตรวจจับและตรวจสอบสภาพความชื้นของเรือนยอดพืชมากกว่าพื้นที่ทีมีขนาดใหญ่ (Jackson et al., 2004) และดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index: LAI) เป็นตัวแปรที่สำคัญหลักซึ่งมีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพของพืชพรรณ การประมาณการของ LAI ที่ถูกต้องจึงมีความสำคัญกับการติดตามพลวัตของพืชพรรณ นอกจากนี้ LAI ยังใช้ในการทำนายภูมิอากาศและกระบวนการทางชีวภาพในและใต้เรือนยอดของพืช ความสมบูรณ์ของดินที่พืชใช้ในการเจริญเติบโต และเป็นเครื่องมือที่สามารถอ้างอิงถึงการเปลี่ยนแปลง และเจริญเติบโตของพืช เช่นการศึกษาของ Fan et al. (2009) ได้หาความสัมพันธ์ระหว่าง LAI กับ NDVI พบว่า จากค่าของ NDVI สามารถประเมินค่าของ LAI ได้จากผลการทดลองในทุ่งหญ้าในประเทศมองโกเลีย และ Colombo et al. (2003) ได้ทำการประมาณค่า LAI โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS พบว่า LAI ของพืชพรรณทุกชนิดสามารถประเมินได้อย่างแม่นยำโดยใช้การบูรณาการจากดัชนีพืชพรรณร่วมกับการวิเคราะห์เนื้อภาพที่ได้จากดาวเทียม ดังนั้นการศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จึงบูรณาการข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมกับข้อมูลปริมาณฝนในการตรวจสอบทั้งในเชิงเวลาและเชิงพื้นที่

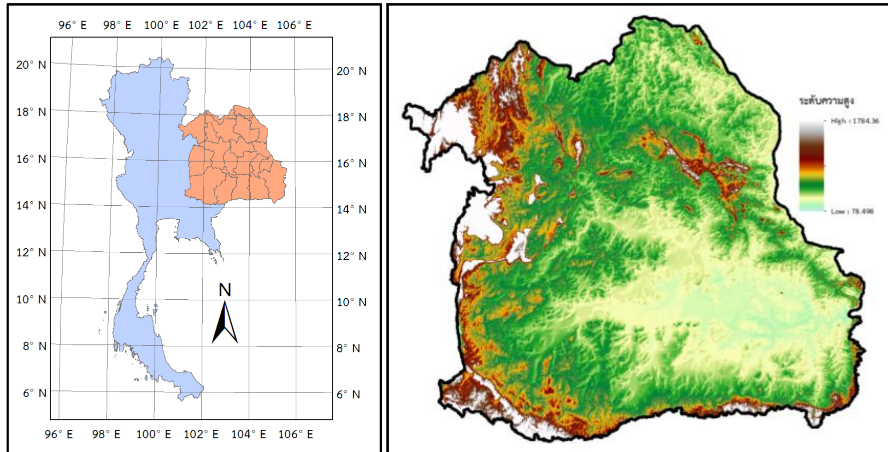
2. วัตถุประสงค์

เพื่อสำรวจช่วงเวลาการเริ่มต้นและการทิ้งใบของป่าไม้ เพื่อจะได้เข้าใจถึงการพัฒนาเรือนยอดของป่าไม้ จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Terra/MODIS หลายช่วงเวลา บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

3. วิธีการวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีเนื้อที่ประมาณ 170,000 ตารางกิโลเมตร มีขอบเขตการปกครองแบ่งออกเป็น 20 จังหวัด ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตั้งอยู่ระหว่างละติจูด 14° 7´ ถึงละติจูด 18° 26´ เหนือ และลองจิจูด 100° 54´ ถึงลองจิจูด 105° 38´ ตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีลักษณะเหมือนก้นกระทะ โดยที่บริเวณตอนกลางของภูมิประเทศต่ำลงไปเป็นแอ่ง โดยมีภูเขายกตัวขึ้นมาเป็นขอบสูงชันสองด้าน ระดับความสูงของพื้นที่ร้อยละ 66 อยู่ระหว่าง 120-200 เมตร จากระดับน้ำทะเล (รูปที่ 1) มีลักษณะภูมิอากาศแบบมรสุม โดยมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ได้น้ำเอาฝนมาตกในภูมิภาค ฝนจะเริ่มตกในช่วงเดือนเมษายนถึงตุลาคม โดยส่วนใหญ่จะมีปริมาณน้ำฝนสูงสุดในช่วงเดือนสิงหาคมถึงกันยายน (ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์, 2549) ในพื้นที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 10 ปี (2544-2553) ประมาณ 1,400 มิลลิเมตร มีปริมาณน้ำฝนต่อปีประมาณ 1,200-1,600 มิลลิเมตร (เอกรัฐ สีขาว และชรัตน์ มงคลสวัสดิ์, 2556; เอกรัฐ สีขาว และคณะ, 2557) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ป่าไม้ประเภทต่างๆ ในปี พ.ศ. 2543 จำแนกเป็น ป่าดิบชื้น ป่าดิบแล้ง ป่าดิบเขา ป่าสนเขา ป่าบุ่ง-ป่าทาม ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง และป่าไผ่ รวมพื้นที่ป่าได้ 25,190.036 ตารางกิโลเมตร (ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์, 2549)



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา

3.2 ข้อมูล

3.2.1 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

1) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Terra/MODIS ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อติดตามและตรวจสอบข้อมูลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีความกว้างของ swath ประมาณ 2,330 กิโลเมตร จึงเหมาะแก่การใช้ศึกษาในพื้นที่ที่มีความกว้างใหญ่ ความละเอียดของจุดภาพเชิงพื้นที่มีตั้งแต่ 250 เมตร ถึง 1000 เมตร มีระบบการบันทึก 36 ช่วงคลื่น (Land Processes Distributed Active Archive Center, 2014) และมีชุดผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการวิเคราะห์ด้วยดัชนีการรับรู้จากระยะไกล เพื่อให้สะดวกแก่การนำมาใช้งานได้อย่างทันท่วงที โดยการศึกษาทำการรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมTerra/MODIS ในชุดผลิตภัณฑ์ MOD13Q1 MOD09A1 และ MOD15A2 (รายละเอียดดังตารางที่ 1) 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544-2553 โดยที่ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมซึ่งครอบคลุมพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมี 2 ระวาง คือ ระวางที่ h27v07 กับ h28v07 (รูปที่ 2) ดังนั้นต้องทำการ Mosaic Image เพื่อต่อภาพทั้งสองระวางเข้าด้วยกันเพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาทั้งหมด จากนั้นทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction) โดยใช้พิกัดอ้างอิงให้มีพิกัดในระบบ WGS84 - UTM zone 48N โดยประเมินค่าของจุดภาพ (pixels) ด้วยวิธี Nearest Neighbor และทำการตัดภาพถ่ายดาวเทียมโดยใช้ขอบเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

2) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) ซึ่งเป็นดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาที่ใช้ประมาณปริมาณน้ำฝนเชิงพื้นที่ ที่มีวงโคจรไม่สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ผลิตภัณฑ์TRMM ชุด 3B43: Multi-satellite Precipitation โดยทำการรวบรวมข้อมูล TRMM 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544-2553

3.2.2 ข้อมูลปริมาณน้ำฝน

ปริมาณน้ำฝนได้ทำการรวบรวมจากสถานีตรวจวัดทางอุตุนิยมวิทยาครอบคลุมพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (รูปที่ 3) เป็นระยะเวลา 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544-2553 เพื่อนำปริมาณน้ำฝนมาตรวจสอบหาความสัมพันธ์เชิงเวลากับดัชนี NDVI NDWI และ LAI ในช่วงเวลาเดียวกัน และเพื่อใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ TRMM

3.3 วิธีการศึกษา

ขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลได้มีการแบ่งเป็นลำดับในการสังเกตรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของป่าดิบและป่าผลัดใบในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 3 ขั้นตอน คือ 1) ตรวจสอบเอกสารและข้อมูล 2) การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Terra/MODIS และ 3) ตรวจสอบรูปแบบและเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงจากค่าเฉลี่ยของพื้นที่ตัวอย่างของป่าดิบและป่าผลัดใบ

3.3.1 ตรวจสอบเอกสารและข้อมูล

สืบค้นเอกสาร บทความ และวิจัยทางการรับรู้จากระยะไกล เพื่อศึกษาวิธีการและขั้นตอน และตรวจสอบข้อมูลอื่นๆ อาทิ ข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และผลิตภัณฑ์ต่างๆที่ได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียม

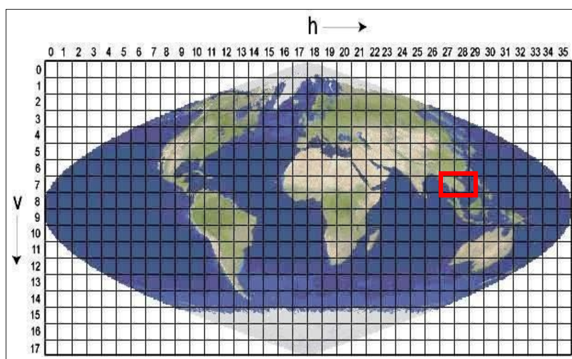
Terra/MODIS หลายช่วงเวลาที่คลอบคลุมพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงและรูปแบบของป่าดิบกับป่าผลัดใบ

ตารางที่ 1 ผลิตภัณฑ์ Terra/MODIS ที่ใช้ในการศึกษา

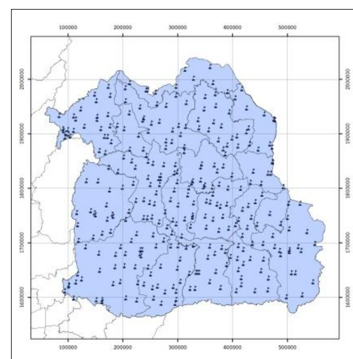
รายการ	ผลิตภัณฑ์ MODIS
ชุดผลิตภัณฑ์	MOD13Q1 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) MOD09A1 Surface Reflectance (NIR and SWIR) MOD15A2 Leaf Area Index (LAI)
ชื่อผลิตภัณฑ์ระยะเวลาการได้มาซึ่งข้อมูลและความแยกชัดเชิงพื้นที่	MOD13Q1 Vegetation Indices 16-Day 250m MOD09A1 Surface Reflectance 8-Day 500m MOD15A2 Leaf Area Index 8-Day 1000m
ข้อมูลที่ใช้จากผลิตภัณฑ์	NDVI LAI and NDWI (NIR and SWIR)
ระวางชุดข้อมูล	มี 2 ระวาง ครอบคลุมพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คือ h27v07 และ h28v07
ช่วงเวลาของข้อมูล	01 มกราคม 2544 ถึง 19 ธันวาคม 2553

ตารางที่ 2 รายละเอียดและลักษณะTRMM3B43: Multi-satellite Precipitation ที่ใช้ในการศึกษา

รายการ	ลักษณะ
Temporal Coverage	Start Date: 1998-01-01; Stop Date
Geographic Coverage	Latitude: 50°S - 50°N; Longitude:180°W - 180°E
Temporal Resolution	Monthly
Horizontal Resolution	0.25° x 0.25°; nlat = 400, nlon = 1440
Average File Size	Compressed: ~4.95 MB; Original: ~4.95 MB



รูปที่ 2 ภาพถ่ายดาวเทียม Terra/MODIS ระวาง h27v07 และ h28v07ครอบคลุมพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ



รูปที่ 3 ตำแหน่งสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนครอบคลุมพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

3.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Terra/MODIS

นำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Terra/MODIS 3 ชุดผลิตภัณฑ์ คือ1) MOD13Q1 Vegetation Indices 16-Day 250m 2) MOD09A1 Surface Reflectance 8-Day 500m และ 3) MOD15A2 Leaf Area Index 8-Day 1000m มาคำนวณดัชนีต่างๆ ดังนี้

1) NDVI เป็นดัชนีที่ชี้วัดการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณ โดย NDVI มีการคำนวณได้จากช่วงคลื่นสีแดงและช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้โดยมีสมการการคำนวณ ดังสมการที่ 1

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \qquad 1$$

2) NDWI เป็นดัชนีที่ชี้วัดการเปลี่ยนแปลงของความชุ่มชื้น โดย NDWI มีการคำนวณได้จากช่วงคลื่นอินฟราเรดโดยมีสมการการคำนวณดังสมการที่ 2

$$NDWI = \frac{(SWIR-NIR)}{(SWIR+NIR)} \qquad 2$$

โดยที่ RED = ค่าการสะท้อนในระดับที่ตามองเห็นสีแดง(RED)
NIR = ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้(Near Infrared)
SWIR = ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดสั้น (Short Wavelength Infrared)

3) LAI เป็นดัชนีพื้นที่ใบ เป็นตัวบ่งบอกถึงเรือนยอดของพืชพรรณ ความสามารถของการรับแสงของพืชพรรณและความสมบูรณ์ของพืชพรรณ โดยมีสมการการคำนวณดังสมการที่ 3

$$LAI = \frac{\text{leaf area}}{\text{ground area}} \qquad 3$$

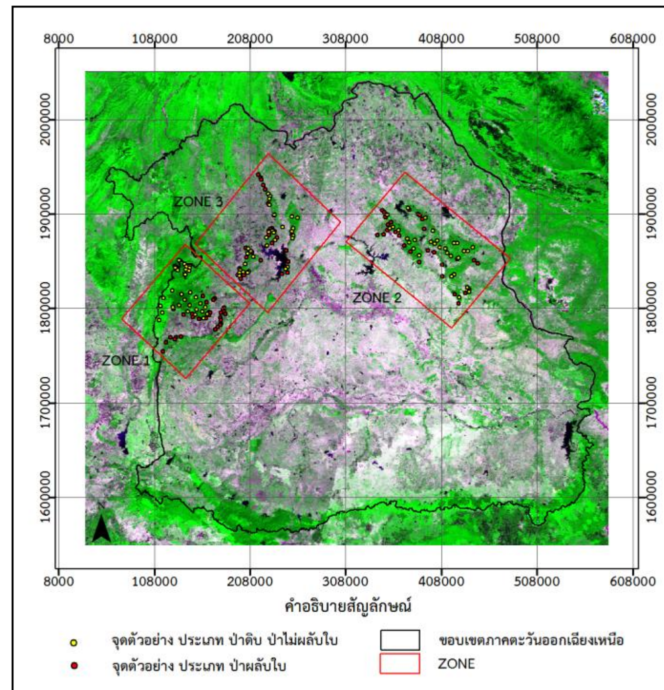
4) ค่าคะแนนมาตรฐาน (Z-score) เป็นค่าที่บอกให้ทราบความแตกต่างระหว่างค่าของข้อมูลนั้นกับค่าเฉลี่ยเลขคณิตของข้อมูลชุดนั้นเป็นกี่เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$Z = \frac{X - \overline{X}}{S.D.} \qquad 4$$

โดยที่ X = ค่าคะแนนของข้อมูล
$\overline{X}$ = ค่าเฉลี่ย
S.D. = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.3.3 ตรวจสอบรูปแบบและเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงจากค่าเฉลี่ยพื้นที่ตัวอย่างของป่าดิบและป่าผลัดใบ

จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Terra/MODIS ที่ได้ผ่านการคำนวณจากดัชนีเชิงคลื่นจะนำมากำหนดพื้นที่ตัวอย่างที่จะใช้ในการหาค่าเฉลี่ยของพื้นที่ป่าดิบและป่าผลัดใบใน 3 บริเวณ คือ บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า*ภูเขียว*อุทยานแห่งชาติ*ภูพาน และ*อุทยานแห่งชาติ*ภูเก้า-ภูพานคำ โดยมีจุดตัวอย่างเชิงพื้นที่ดังแสดงในรูปที่ 4* เพื่อที่จะนำมาคำนวณค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มตัวอย่างจากทั้ง 3 บริเวณและคำนวณค่าเฉลี่ยโดยรวมในพื้นที่ตัวอย่าง เพื่อเปรียบเทียบรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของ NDVI NDWI และ LAI ระหว่างป่าดิบและป่าผลัดใบ กับปริมาณน้ำฝนที่เกิดในพื้นที่ตัวอย่าง



*รูปที่ 4 พื้นตัวอย่าง*บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า*ภูเขียว (ZONE 1)* อุทยานแห่งชาติ*ภูพาน (ZONE 2) และ* อุทยานแห่งชาติ*ภูเก้า-ภูพานคำ (ZONE 3)* สำหรับใช้ในการตรวจสอบรูปแบบ และเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงจากค่าเฉลี่ย

4. ผลการศึกษา

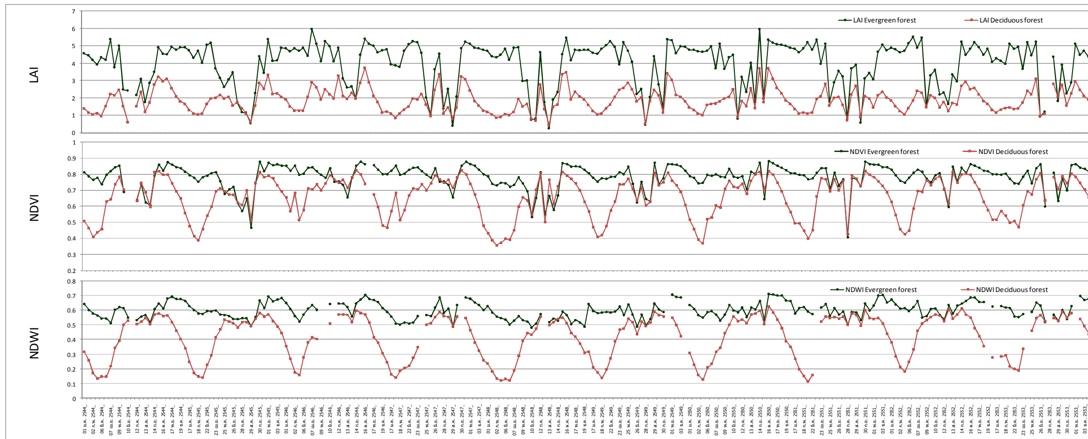
4.1 ค่าเฉลี่ย LAI NDVI NDWI TRMM และปริมาณน้ำฝน

4.1.1 ค่าเฉลี่ย LAI NDVI และNDWI

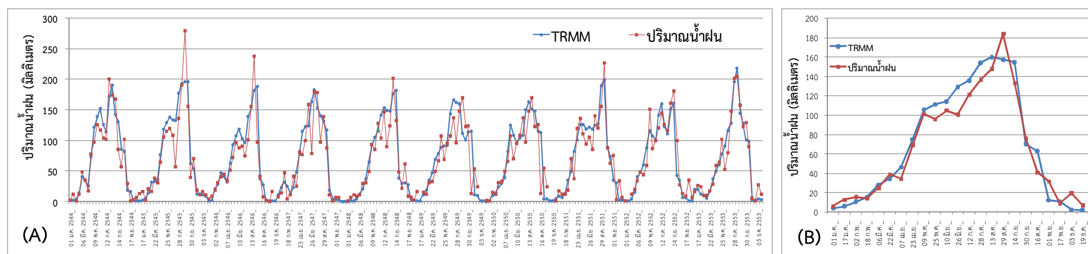
การเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนี LAI NDVI และ NDWI จากพื้นที่ตัวอย่างเฉลี่ยโดยรวม แยกเป็นพื้นที่ป่าดิบ/ไม่ผลัดใบ และป่าเต็งรัง/ป่าผลัดใบมีการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา คือ เมื่อเข้าสู่ฤดูแล้งทั้ง 3 ดัชนีมีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจนในพื้นที่ป่าเต็งรัง/ป่าผลัดใบ แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ดังกล่าวมีการสูญเสียคลอโรฟิลล์ในใบและความชื้นไปอย่างมาก พืชพรรณจึงมีการทิ้งใบเพื่อความอยู่รอดในฤดูแล้ง แต่ในส่วนพื้นที่ป่าดิบ/ไม่ผลัดใบ ยังคงความชื้นในปริมาณที่พอเพียงพืชพรรณจึงยังมีคลอโรฟิลล์ในใบไว้ได้ และจากค่าเฉลี่ย LAI และ NDVI จากพื้นที่ทั้ง 2 ประเภทในช่วงฤดูฝน มีเมฆ เงาของเมฆ ความชื้นสูงและมีน้ำในพื้นที่มาก จึงทำให้ค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนมีความแปรปรวนสูงทำให้ค่าเฉลี่ยในช่วงนั้นลดลง*อย่างเห็นได้ชัดเจน (รูปที่ 5)*

4.1.2 ค่าเฉลี่ย TRMM และปริมาณน้ำฝน

ค่าเฉลี่ยราย 16 วัน ใน 10 ปี (พ.ศ. 2544-2553) ของปริมาณน้ำจากสถานีตรวจวัดบนพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนจากข้อมูล TRMM ในขอบเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีการเปลี่ยนแปลงที่มีความสอดคล้องกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient, r) ของ Pearson เท่ากับ 0.914 ที่แสดงความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญในระดับความมั่นใจ 99 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำจากสถานีตรวจวัดมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนจากข้อมูล TRMM สูงมาก (รูปที่ 6) ดังนั้นค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนจากข้อมูล TRMM สามารถใช้เป็นตัวแทนของค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนที่ได้จากสถานีตรวจวัดได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 5 ค่าเฉลี่ยของ LAI NDVI และ NDWI ราย 16 วัน 10 ปี (2544-2553) จากพื้นที่ตัวอย่างในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ



รูปที่ 6 ค่าเฉลี่ยราย 16 วัน (A) และค่าเฉลี่ย 10 ปี (B) (2544-2553) ของปริมาณน้ำจากสถานีตรวจวัด และค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนจากข้อมูล TRMM บนพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

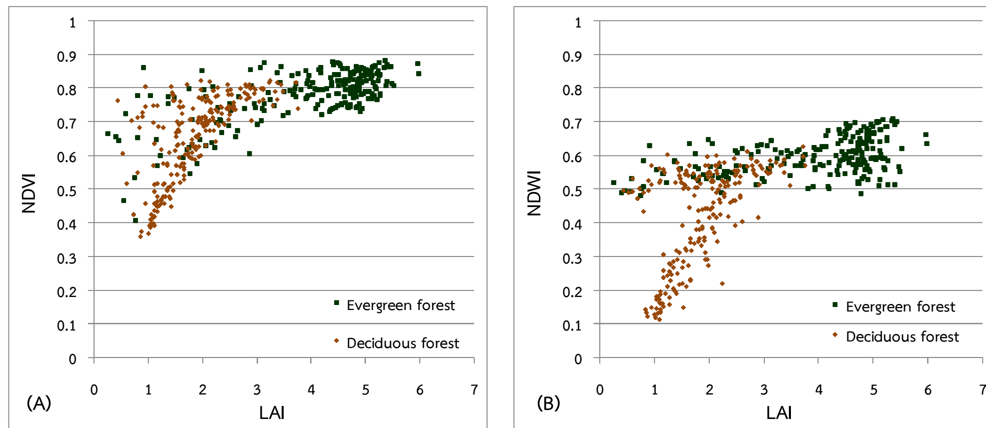
4.2 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงจากค่าเฉลี่ย LAI NDVI และ NDWI กับ ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน TRMM

4.2.1 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงจากค่าเฉลี่ย LAI NDVI NDWI และ TRMM ในเชิงเวลา

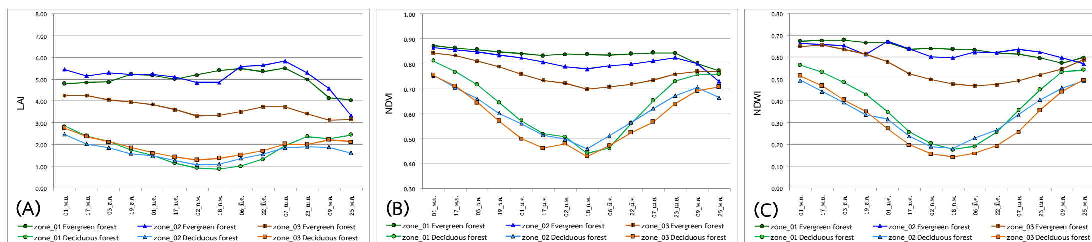
การเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยในเชิงเวลาของดัชนี LAI กับ NDVI และ NDWI ในพื้นที่ตัวอย่างของพื้นที่ป่าดิบ/ไม่ผลัดใบ และป่าเต็งรัง/ป่าผลัดใบ พบว่า ในพื้นที่ป่าดิบ/ไม่ผลัดใบ ค่าเฉลี่ยระหว่าง LAI กับ NDVI และ NDWI ส่วนใหญ่มีค่าสูงทั้ง 2 ดัชนี คือ เมื่อค่า LAI NDVI และ NDWI มีค่าสูงตลอดทั้งปี ถึงมีการลดลงก็ลดลงเพียงเล็กน้อย (รูปที่ 7) ยกเว้นในช่วงฤดูฝนมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากเมฆในพื้นที่ทำให้ค่าเฉลี่ยต่ำอย่างผิดปกติ (รูปที่ 5) ส่วนพื้นที่ป่าเต็งรัง/ป่าผลัดใบพบว่า ค่าเฉลี่ยระหว่าง LAI กับ NDVI และ NDWI มีค่าต่ำในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ และมีค่าเพิ่มขึ้นจนสูงที่สุดในประมาณเดือนสิงหาคม และจะมีค่าลดลง เป็นลักษณะนี้ทุกปี

การกระจายระหว่างค่า LAI กับ NDVI และ NDWI มีการกระจายในลักษณะเดียวกัน คือ ในพื้นที่ป่าดิบ/ป่าไม่ผลัดใบจะมีกระจายตัวแบบเกาะกลุ่มในช่วงค่าเฉลี่ย LAI ประมาณ 4 ขึ้นไป NDVI มีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.7 และ NDWI มีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.5 ขึ้นไป และในพื้นที่ป่าเต็งรัง/ป่าผลัดใบ มีการกระจายของค่าเฉลี่ย LAI ที่มากกว่า 0 ไปถึงประมาณ 4 ค่า NDVI มีค่าประมาณ 0.3 ไปถึงประมาณ 0.8 และค่า NDWI มีค่าประมาณ 0.1 ไปถึงประมาณ 0.6 ดังรูปที่ 7

จากการศึกษาในขั้นต้นค่าของดัชนีมีความคลาดเคลื่อนสูงในช่วงฤดูฝน ดังนั้นจึงมุ่งที่จะศึกษาค่าดัชนี LAI NDVI และ NDWI ช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน - พฤษภาคม ของปีถัดไป) พบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ดัชนี ใน 3 บริเวณ คือ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า*ภูเขียว (Zone 1),* อุทยานแห่งชาติ*ภูพาน (Zone 2)*และอุทยานแห่งชาติ*ภูเก้า-ภูพานคำ (Zone 3)* มีค่าเฉลี่ยเป็นมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงไปในลักษณะเดียวกัน มีค่าลดต่ำลงมากสุดอย่างเห็นได้ชัดเจนในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ เช่นเดียวกันทั้ง 3 บริเวณ และค่าเฉลี่ยจากพื้นที่ตัวอย่างจากทั้ง 3 บริเวณในพื้นที่ป่าดิบ/ป่าไม่ผลัดใบมีค่าลดลงลดน้อยในช่วงฤดูแล้ง

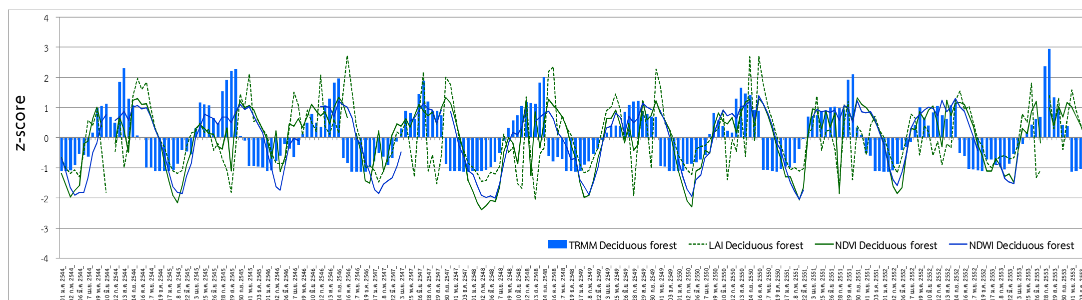


รูปที่ 7 การกระจายระหว่างค่าเฉลี่ย LAI กับ NDVI (A) และ NDVI (B)
พื้นที่ตัวอย่างของพื้นที่ป่าดิบ/ไม่ผลัดใบ และป่าเต็งรัง/ป่าผลัดใบ



รูปที่ 8 ค่าเฉลี่ย 10 ปี (2544-2553) LAI (A) NDVI (B) และ NDWI (C) จากพื้นที่ตัวอย่าง 3 โซน
แยกเป็นพื้นที่ป่าดิบ/ไม่ผลัดใบ และป่าเต็งรัง/ป่าผลัดใบ

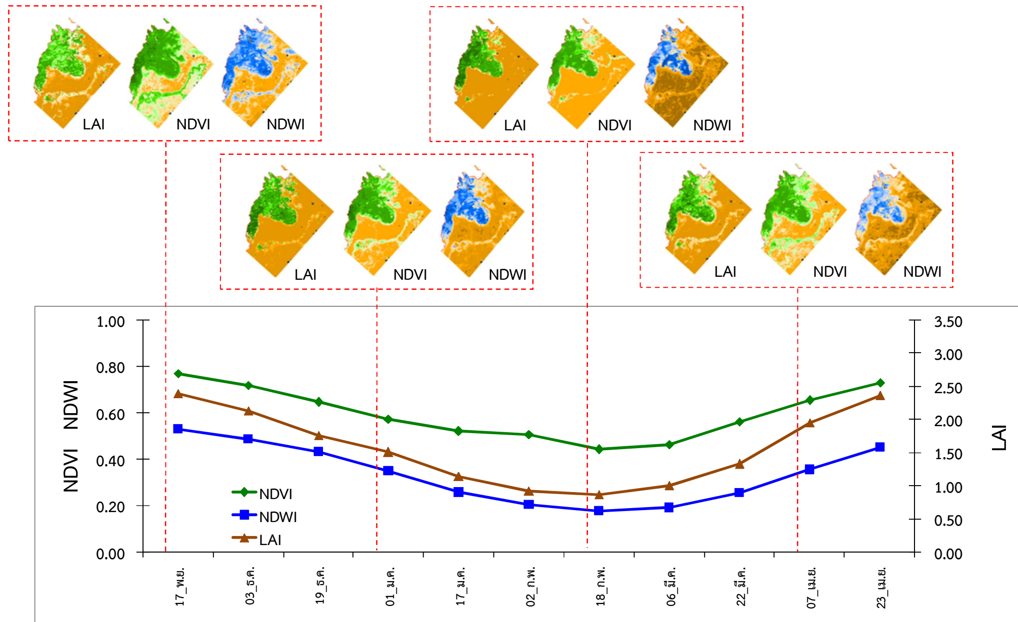
เมื่อนำค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 ดัชนีมาเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนจากข้อมูล TRMM โดยใช้ค่าคะแนนมาตรฐาน (Z-score) จากค่าเฉลี่ย 10 ปี ของ LAI NDVI NDWI และ TRMM พื้นที่ป่าเต็งรัง/ป่าผลัดใบพบว่า ค่าเฉลี่ยของดัชนี LAI NDVI และ NDWI มีความสัมพันธ์กับ TRMM เมื่อ TRMM มีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลง ค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 ดัชนี ก็จะเพิ่มขึ้นหรือลงตาม จะทิ้งระยะเวลาการเพิ่มขึ้นหรือลดลงประมาณ 1-2 ช่วงเวลา หรือ ประมาณ 16 - 32 วัน โดยพบว่า ไม่ว่าปริมาณน้ำฝนในพื้นที่จะสูงหรือต่ำการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนี LAI NDVI และ NDWI ในบริเวณพื้นที่ป่าเต็งรัง/ป่าผลัดใบก็จะมีการลดต่ำมากที่สุดในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ ของทุกปี (รูปที่ 9)



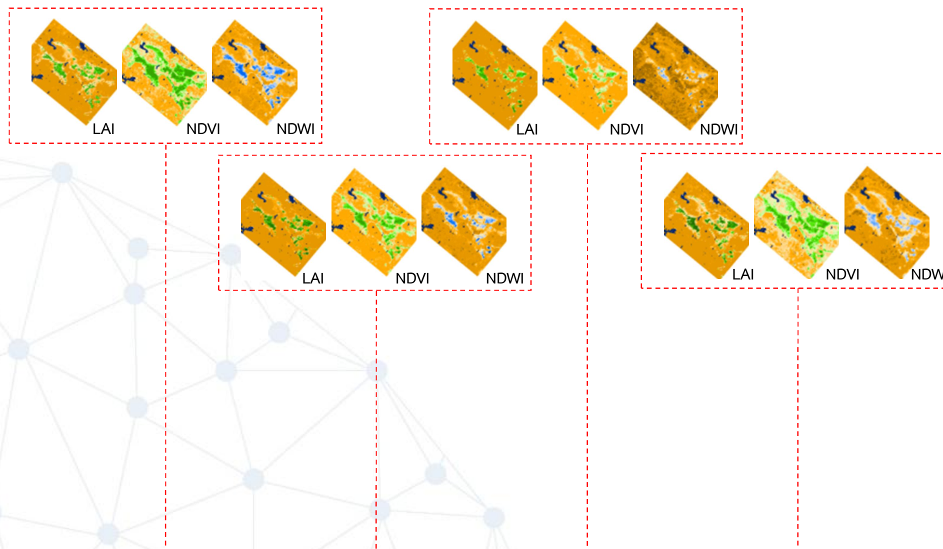
รูปที่ 8 ค่าเฉลี่ยโดยรวมของ LAI NDVI NDWI และ TRMM ราย 16 วัน 10 ปี (2544-2553)
บริเวณจากพื้นที่ตัวอย่างป่าเต็งรัง/ป่าผลัดใบทั้ง 3 โซน

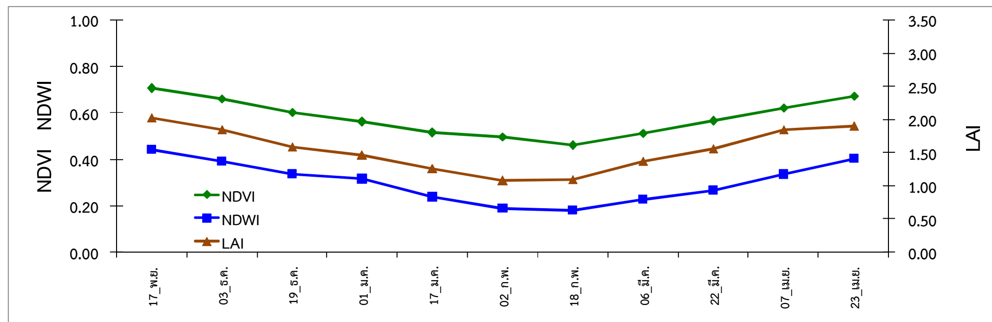
4.2.1 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงจากค่าเฉลี่ย LAI NDVI NDWI เชิงพื้นที่และเวลา

รูปแบบการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่จากค่าเฉลี่ยของจุดภาพ 10 ปี ราย 16 วัน ช่วงเดือน พฤศจิกายน - พฤษภาคม ของปีถัดไป ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า*ภูเขียว (Zone 1),* อุทยานแห่งชาติ*ภูพาน (Zone 2) และ*อุทยานแห่งชาติ*ภูเก้า-ภูพานคำ (Zone 3) พบว่า* มีการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณและความชื้นไปตามช่วงเวลา คือ เมื่อเข้าช่วงฤดูแล้งค่าสะท้อนของพืชพรรณ LAI NDVI และดัชนีความชุ่มชื้น NDWI จะลดลงเรื่อยๆ จนในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ เป็นช่วงที่ค่าการสะท้อนในพื้นที่ป่าเต็งรัง/ป่าผลัดใบจะลดลงต่ำที่สุด (รูปที่ 9, 10, 11 และ ตารางที่ 3) เมื่อเข้าในช่วงที่มีการเกิดฝน และมีความชื้นที่เพียงพอ พืชพรรณในพื้นที่ป่าเต็งรัง/ป่าผลัดใบจะมีการผลิใบใหม่กลับมามีความเขียวขจีอีกครั้งค่าการสะท้อน และมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงอย่างนี้ไปทุกปี

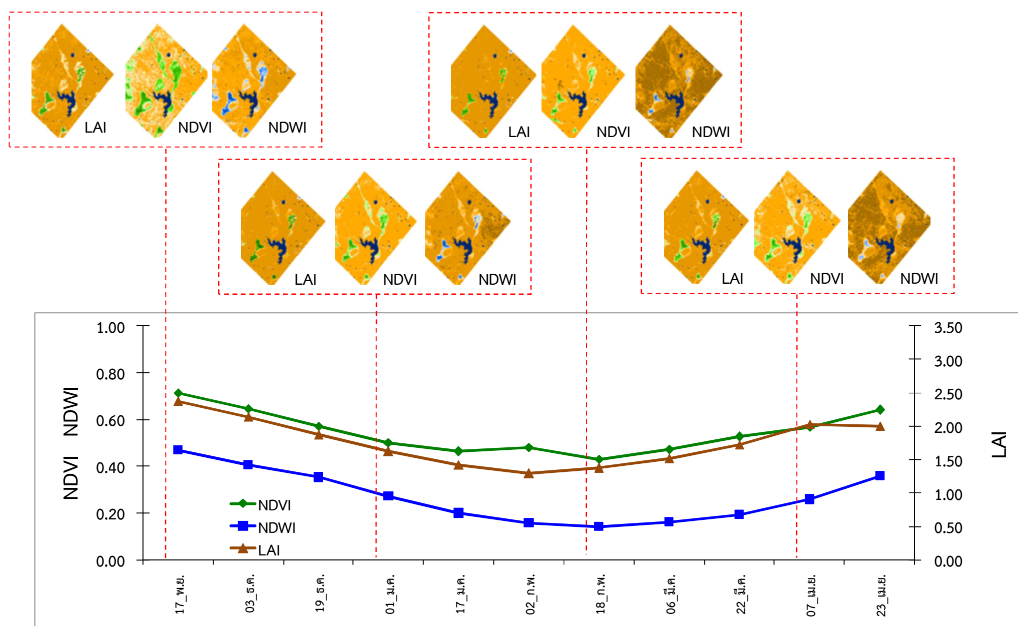


รูปที่ 9 การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลา บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า*ภูเขียว (Zone 1)*
จากค่าเฉลี่ยของจุดภาพ 10 ปี ช่วงเดือน พฤศจิกายน - พฤษภาคม ของปีถัดไป





รูปที่ 10 การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลา บริเวณอุทยานแห่งชาติ*ภูพาน (Zone 2)*
จากค่าเฉลี่ยของจุดภาพ 10 ปี ช่วงเดือน พฤศจิกายน - พฤษภาคม ของปีถัดไป



รูปที่ 11 การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลา บริเวณอุทยานแห่งชาติ*ภูเก้า-ภูพานคำ (Zone 3)*
จากค่าเฉลี่ยของจุดภาพ 10 ปี ช่วงเดือน พฤศจิกายน - พฤษภาคม ของปีถัดไป

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่จากค่าเฉลี่ยของจุดภาพ 10 ปี ช่วงเดือน 1 พฤศจิกายน - 25 พฤษภาคม ของปีถัดไป

วัน/เดือน/ปี	*Zone 1* เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า*ภูเขียว*			*Zone 2* อุทยานแห่งชาติ*ภูพาน*			*Zone 3* อุทยานแห่งชาติ*ภูเก้า-ภูพานคำ*		
	LAI	NDVI	NDWI	LAI	NDVI	NDWI	LAI	NDVI	NDWI
01 พ.ย.									
17 พ.ย.									
03 ธ.ค.									
19 ธ.ค.									
01 ม.ค.									
17 ม.ค.									
02 ก.พ.									
18 ก.พ.									
06 มี.ค.									
22 มี.ค.									
07 เม.ย.									
23 เม.ย.									
09 พ.ค.									
25 พ.ค.									

5. วิจารณ์ผลและสรุปผล

การเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณและความชุ่มชื้นในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ*จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม* Terra/MODIS พบว่า ในช่วงฤดูฝนข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมีความแปรปรวนหรือความคลาดเคลื่อนของค่าจุดภาพสูง เนื่องจากเมฆปกคลุม ในพื้นที่ป่าดิบ/ป่าไม่ผลัดใบมีค่าเฉลี่ยของดัชนี LAI NDVI และ NDWI ที่สูงตลอดทั้งปีมีค่าที่ลดลงในช่วงฤดูแล้งเพียงเล็กน้อย แต่ในพื้นที่ป่าเต็งรัง/ป่าผลัดใบเป็นพื้นที่ที่มีค่าเฉลี่ยดัชนี LAI NDVI และ NDWI เพิ่มขึ้นและลดลงตามช่วงฤดูกาล มีค่าสูงที่สุดโดยเฉลี่ยในช่วงเดือน กันยายน และมีค่าต่ำสุดในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ ของทุกปีการแปลตีความพื้นที่ป่าไม้อาจเกิดความสับสนกับพืชพรรณชนิดอื่นหากใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ แต่การใช้ข้อมูลในช่วงเดือนกุมภาพันธ์จะสามารถแปลตีความข้อมูลพื้นที่ป่าดิบ/ป่าไม่ผลัดใบได้ดี และสามารถแปลตีความการใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินประเภทอื่นได้ดีในบางกรณี

6. ข้อเสนอแนะ

การใช้*ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม* Terra/MODIS ซึ่งมีการบันทึกข้อมูลเชิงพื้นที่ขนาดใหญ่ มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ต่ำสามารถใช้ในการแปลตีความพื้นที่ป่าไม้ได้อย่างรวดเร็วระดับภูมิภาคในรูปแบบอนุกรมเวลา (time series) แต่มีข้อจำกัดในด้านรายละเอียดขอบเขตที่แท้จริงของพื้นที่ เนื่องจากจุดภาพมีขนาดใหญ่ คือ 250 เมตร 500 เมตร 1,000 เมตร ไปจนถึง 5,000 เมตร หากจะหาขอบเขตที่ใกล้เคียงความเป็นจริงในพื้นที่ควรเลือกใช้ข้อมูลภาพถ่ายที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่สูง เช่น ข้อมูลจากดาวเทียม THEOS, SPOT, GEOEYE, IKONOS หรือ LANDSAT

เอกสารอ้างอิง

กรมป่าไม้. (2553). **ประเภทของป่าไม้**. สืบค้นเมื่อ กันยายน 10, 2558, จาก http://www.forest.go.th/index.php?option=com_content&id=311

แคแสด มงคลสวัสดิ์. (2552). แนวทางการใช้ดัชนีพืชพรรณและความชื้นของข้อมูลดาวเทียมหลายช่วงเวลาเพื่อติดตามตรวจสอบความแห้งแล้งจากสภาวะด้านชีพลักษณ์ของป่ามรสุมเขตร้อน. **วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย**, **10** (2), 33-53.

ชรัตน์มงคลสวัสดิ์. (2549). **"ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ: ศักยภาพเชิงพื้นที่เพื่อการพัฒนา (Northeast Thailand: spatial potentials for development)"**. ขอนแก่น: ขอนแก่นการพิมพ์.

สรายุทธ บุณยะเวชชีวิน. (2555). **รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงสร้างและพลวัตของป่าเต็งรัง Structure and Dynamics of Deciduous Dipterocarp Forest**. ส่วนวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช.

เอกรัฐ สีขาว และชรัตน์ มงคลสวัสดิ์. (2556). การประเมินดัชนีอนุพัทธ์จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อการสำรวจความแห้งแล้งเชิงเวลาและพื้นที่. **วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย**, 14 (3), 26-35.

เอกรัฐ สีขาว ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์ และรัศมี สุวรรณวีระกำธร. (2557). การใช้ดัชนีพืชพรรณมาตรฐานเพื่อประเมินพื้นที่ความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. **วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย**, 15 (2), 25-38.

Ceccato, P., Flasse, S., Tarantola, S., Jacquemond, S., and Gregoire, J.M. (2001). Detecting vegetation water content using reflectance in the optical domain. **Remote Sensing of Environment**, **77**, 22–33.

Colombo, R., Bellingeri, D., Fasolini, D., and Marino C.M., (2003). Retrieval of leaf area index in different vegetation types using high resolution satellite data. **Remote Sensing of Environment**, **86** (1), 120-131.

Fan, L., Gao, Y., Brück, H. and Bernhofer. Ch. (2009). Investigating the relationship between NDVI and LAI

in semi-arid grassland in Inner Mongolia using in-situ measurements. **Theoretical and Applied Climatology**, **95**, 151-156.

Gu, Y., Hunt, E., Wardlow, B., Basara, J. B., Brown, J. F., & Verdin, J. P. (2008). Evaluation of MODIS NDVI and NDWI for vegetation drought monitoring using Oklahoma Mesonet soil moisture data. **Geophysical Research Letters, 35**, L22401.

Gao, B. C. (1996). NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. **Remote Sensing of Environment**, **58**, 257-266.

Jackson, T.J., Chen, D., Cosh, M., Li, F., Anderson, M., Walthall, C., Doriaswamy, P., and Hunt, E.R. (2004). Vegetation water content mapping using Landsat data derived normalized difference water index for corn and soybeans. **Remote Sensing of Environment**, **92**, 475-482.

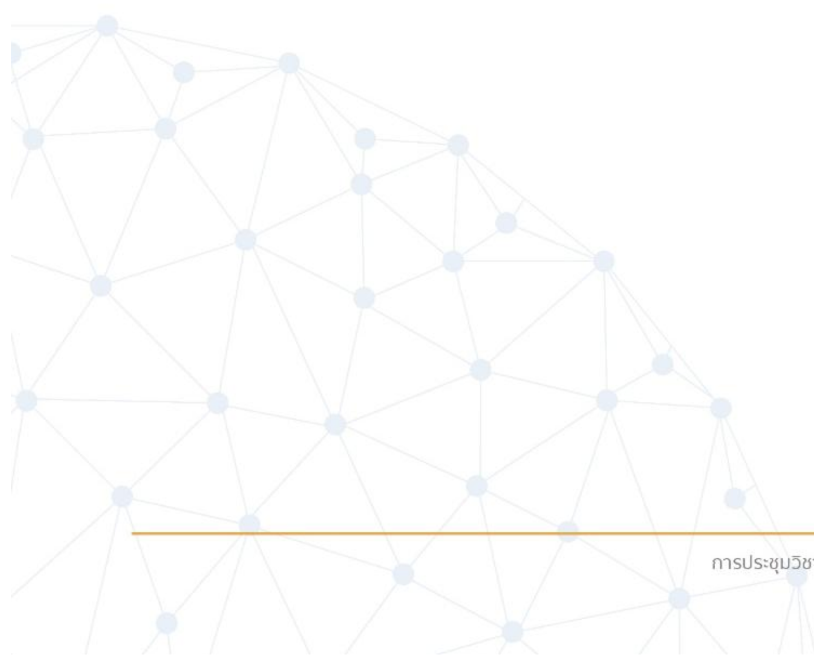
Land Processes Distributed Active Archive Center. (2014). **MODIS Overview**. Retrieved October 20, 2015, from https://lpdaac.usgs.gov/dataset_discovery/modis.

Mooney, H.A. (1999). Carbon Dioxide and Environmental Stress. Physical Ecology Series, **Academic Press, San Diego Environment**, **81**, 58-66.

Rathcke, B., Lacey, EP. (1985) Phenological patterns of terrestrial plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, **16**, 179–214.

Singh, R.P., Roy, S., and Kogan, F. (2003). Vegetation and Temperature Condition Indices from NOAA AVHRR Data for Drought Monitoring Over India. INT. J. **Remote Sensing**, **24** (22), 4393-4402.

Tucker & Choudhury. (1980). Satellite remote sensing of drought conditions. **Remote Sensing of Environment**, **23**, 243–251.



การวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณเพื่อจำแนกชนิดป่าไม้ของประเทศไทย

Analysis of Vegetation Indices for Forest Types Classification in Thailand

วีระภาส คุณรัตนสิริ และ วันชัย อรุณประภารัตน์

Weeraphart Khunrattanasiri [1] and Wanchai Arunpraparat [2]

[1] ภาควิชาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[2] ภาควิชาวิศวกรรมป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

โทรศัพท์ 02-942-8372 โทรสาร 02-942-8108

e-mail: fforwpk@ku.ac.th, fforwca@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ข้อมูลชนิดป่าไม้ล่าสุดของประเทศไทย จัดทำขึ้นเมื่อ ปี พ.ศ. 2543 โดยใช้ข้อมูลภาพดาวเทียม Landsat 5 รายละเอียดจุดภาพ 30 เมตร แต่ในปัจจุบันดาวเทียมไทยโชต รายละเอียดจุดภาพ 15 เมตร เข้ามามีบทบาทสำคัญในการตรวจสอบติดตามการเปลี่ยนแปลงทรัพยากรธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาดัชนีพืชพรรณที่เหมาะสมจากข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชตสำหรับนำมาใช้จำแนกชนิดป่าไม้ของประเทศ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดทำข้อมูลชนิดป่าไม้ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยมีพื้นที่ศึกษาใน 4 บริเวณ ได้แก่ อุทยานแห่งชาติดอยหลวง จังหวัดเชียงราย พื้นที่สงวนชีวมณฑลสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี และอุทยานแห่งชาติตะรุเตา จังหวัดสตูล

ผลการศึกษาดัชนีพืชพรรณที่เหมาะสมในการจำแนกชนิดป่าไม้ของประเทศไทย ได้แก่ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Transformed Vegetation Index (TVI) และ Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI) รวมถึงดัชนีพืชพรรณที่ได้สังเคราะห์ขึ้นจากการนำข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชตในแต่ละแถบความถี่มาดำเนินการบวก 6 รูปแบบ ลบ 12 รูปแบบ คูณ 6 รูปแบบ หาร 12 รูปแบบ ผลบวกหารผลลบ 78 รูปแบบ และผลลบหารผลบวก 78 รูปแบบ รวมเป็นดัชนีพืชพรรณที่ได้ดำเนินการศึกษาทั้งหมด 195 รูปแบบ ทั้งนี้พบว่ามีเพียง 7 รูปแบบ ได้แก่ 1) NDVI 2) TVI 3) GNDVI 4) แถบความถี่ 4 / แถบความถี่ 1 5) แถบความถี่ 4 / แถบความถี่ 2 6) แถบความถี่ 3 – แถบความถี่ 4 / แถบความถี่ 1 + แถบความถี่ 2 7) แถบความถี่ 3 – แถบความถี่ 4 / แถบความถี่ 1 + แถบความถี่ 3 ที่สามารถนำมาใช้จำแนกชนิดป่าไม้ได้ ผลการวิเคราะห์ความถูกต้องในการจำแนกประเภทข้อมูลชนิดป่าไม้ พบว่า ดัชนีพืชพรรณแบบแถบความถี่ 3 – แถบความถี่ 4 / แถบความถี่ 1 + แถบความถี่ 2 มีร้อยละความถูกต้องในการจำแนกประเภทข้อมูลเฉลี่ยรวม 60.51 รองลงมาคือ แถบความถี่ 3 – แถบความถี่ 4 / แถบความถี่ 1 + แถบความถี่ 3 ร้อยละ 55.90 GNDVI ร้อยละ 54.87 แถบความถี่ 4 / แถบความถี่ 2 ร้อยละ 52.82 NDVI ร้อยละ 52.31 แถบความถี่ 4 / แถบความถี่ 1 ร้อยละ 52.31 และ TVI ร้อยละ 37.97

ดัชนีพืชพรรณที่เกิดขึ้นจากการนำข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชตแถบความถี่แดงลบด้วยข้อมูลแถบความถี่อินฟราเรดใกล้ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาหารด้วยผลรวมค่าการสะท้อนแสงระหว่างแถบความถี่น้ำเงินและแถบความถี่เขียว เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับจำแนกชนิดป่าไม้ของประเทศไทย โดยมีช่วงการจำแนกป่าชายหาด อยู่ระหว่าง -0.066 ถึง -0.004 ป่าชายเลน อยู่ระหว่าง -0.476 ถึง -0.457 ป่าเบญจพรรณ อยู่ระหว่าง -0.418 ถึง -0.289 ป่าดิบชื้น อยู่ระหว่าง -0.457 ถึง -0.418 และป่าดิบแล้ง อยู่ระหว่าง -0.516 ถึง -0.476 ทั้งนี้ป่าเต็งรัง ป่าดิบเขา และป่ารุ่นที่สอง ไม่สามารถจำแนกจากภาพดาวเทียมไทยโชตโดยใช้ดัชนีพืชพรรณดังกล่าวได้

คำสำคัญ: ดัชนีพืชพรรณ, ชนิดป่าไม้, ดาวเทียมไทยโชต

ABSTRACT

Thailand has the latest forest types data in 2000 created from Landsat 5 imageries with 30 meters spatial resolution. Nowadays Thaichote satellite with 15 meters spatial

resolution plays an important role to monitor the changes of natural resources effectively.

The aim of this study was to investigate an optimum vegetation index from Thaichote satellite data for forest types classification in Thailand. Four study areas were chosen from north to south namely Doi Luang National Park in Chiangrai, Sakaerat Biosphere Reserves in Nakhon Ratchasima, Kaeng Krachan National Park in Phetchaburi and Tarutao National Park in Satun.

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Transformed Vegetation Index (TVI) Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI) and the various vegetation indices based on the simple mathematical operations of 4 bands data from Thaichote such as; plus (6 indices) minus (12 indices) multiply (6 indices) divide (12 indices) ratio of plus and minus (78 indices) and ratio of minus and plus (78 indices). 195 vegetation indices were tested to find out the appropriate indices for forest types classification, however, only 7 indices were chosen namely 1) NDVI 2) TVI 3) GNDVI 4) band 4/1 5) band 4/2 6) band 3 – band 4/band 1 + band 2 and 7) band 3 – band 4/band 1 + band 3. The vegetation index of band 3 – band 4/band 1 + band 2 showed highest overall accuracy with 60.51 percent. Band 3 – band 4/band 1 + band 3, GNDVI, band 4/2, NDVI band 4/1 and TVI appeared the overall accuracy 55.90 54.87 52.82 52.31 52.31 and 37.97 percent respectively.

It can concluded that the vegetation index calculated by dividing the difference in the red color bands and near-infrared (NIR) by the sum of the blue and green colors bands is the best appropriate index for Thailand forest types classification. However, dry dipterocarp forest, hill evergreen forest and secondary forest cannot classify.

KEY WORDS: Vegetation Index, Forest Types, Thaichote

1. บทนำ

ป่าไม้เป็นทรัพยากรธรรมชาติอย่างหนึ่งที่อำนวยประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อมให้แก่มนุษยชาติมากมายหลายประการ นับตั้งแต่การรักษาดุลย์ธรรมชาติ ควบคุมสภาพดินฟ้าอากาศให้อยู่ในสภาพปกติ รวมทั้งเป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่ให้มนุษย์ได้บริโภคใช้สอยและประกอบอาชีพด้านการทำไม้ การเก็บหาของป่า การขนส่ง การอุตสาหกรรม การผลิตไม้แปรรูปและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ใช้วัตถุดิบจากไม้และของป่า ตลอดจนการส่งจำหน่ายเป็นรายได้แก่ประชาชนและประเทศชาติอีกทางหนึ่ง แต่ในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา การเพิ่มผลผลิตและรายได้ของประเทศมาจากการขยายพื้นที่เพาะปลูกมากกว่าการเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ ทั้งนี้เนื่องจากราษฎรยากจนขาดที่ดินทำกิน เกิดภาวะการอดอยาก ความต้องการที่ดินทำกินและที่อยู่อาศัย การเพิ่มจำนวนของประชากรอย่างรวดเร็ว ในขณะเดียวกันพื้นที่ทำกินมีอยู่เพียงจำกัด การอพยพโยกย้ายของประชากรจึงมีการลุกล้ำเข้าไปตั้งถิ่นฐานอยู่กระจัดกระจายในพื้นที่ป่าไม้ ก่อให้เกิดการบุกรุกทำลายทรัพยากรป่าไม้ จากข้อมูลของกรมป่าไม้ เมื่อปี พ.ศ. 2556 - 2557 พบว่าพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยเหลืออยู่เพียง 102,285,400.62 ไร่ หรือร้อยละ 31.62 ของพื้นที่ประเทศ ป่าไม้แต่ละชนิดเปรียบเสมือนเป็นสถานที่เก็บรวบรวมความหลากหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตนานาชนิด ซึ่งความหลากหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตจะคล้ายคลึงและแตกต่างกันในแต่ละชนิดป่าไม้ของประเทศไทย การคิดค้นหาวิธีการจำแนกชนิดป่าไม้ของประเทศไทยให้ชัดเจนสามารถดำเนินการได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากความผันแปรของชนิดพันธุ์ไม้ที่ปรากฏในพื้นที่ป่าไม้แต่ละชนิด และแม้จะเป็นพื้นที่ป่าไม้ชนิดเดียวกัน ความหลากหลายของพันธุ์พืชก็แตกต่างกันออกไป

ปัจจุบันการจำแนกชนิดป่าไม้ของประเทศไทยมีการใช้ข้อมูลภาพดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ อาทิ Landsat และ SPOT สำหรับสนับสนุนการดำเนินงาน แต่เนื่องจากข้อจำกัดเกี่ยวกับความละเอียดของข้อมูลภาพดาวเทียม (Spatial Resolution) ที่ระดับ 10 – 30 เมตร ทำให้การจำแนกชนิดป่าไม้ของประเทศไทยจากภาพดาวเทียมยังไม่มีความถูกต้องมากเท่าที่ควร ล่าสุดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้มีการจัดทำข้อมูลสภาพพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยมาอย่างต่อเนื่อง โดยล่าสุดคือ โครงการจัดทำข้อมูลสภาพพื้นที่ป่าไม้ ปี พ.ศ. 2556 – 2557 แต่เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวนำเสนอเฉพาะพื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่ที่ไม่ใช่ป่าไม้ สำหรับข้อมูลที่แสดงขอบเขตชนิดป่าไม้ล่าสุดของประเทศไทย จัดทำขึ้นโดยกรมป่าไม้ เมื่อ ปี พ.ศ. 2543 ด้วยเทคนิคการแปลตีความชนิดป่าไม้จากภาพดาวเทียม Landsat 5 ระบบ Thematic Mapper มาตราส่วน 1: 50,000 ด้วยสายตาเป็นหลัก ควบคู่กับการตรวจสอบความถูกต้องของการแปลชนิดป่าไม้ภาคสนาม ปัจจุบันข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชต (Thaichote) ซึ่งถือเป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติของประเทศไทย มีการนำมาใช้ในการจำแนกประเภทข้อมูลอย่างแพร่หลายในหน่วยทั้งภาครัฐและเอกชน การนำข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชตมาใช้เป็นฐานในการวิเคราะห์หาสมการดัชนีพืชพรรณสำหรับการจำแนกประเภทป่าไม้ของประเทศไทย จึงมีความจำเป็นเพื่อที่จะได้เรียนรู้ถึงประสิทธิภาพของข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชตในการประยุกต์สำหรับงานด้านการจัดการทรัพยากรป่าไม้ เพื่อให้การจัดทำข้อมูลชนิดป่าไม้ของประเทศไทยมีความต่อเนื่องจากข้อมูล เมื่อ ปี พ.ศ. 2543 และยังสามารถนำผลการศึกษาวิจัยที่ได้ไปพัฒนาต่อยอดงานวิจัยทางด้านการหามวลชีวภาพของพืชพรรณ เพื่อนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนของประเทศในระยะต่อไป

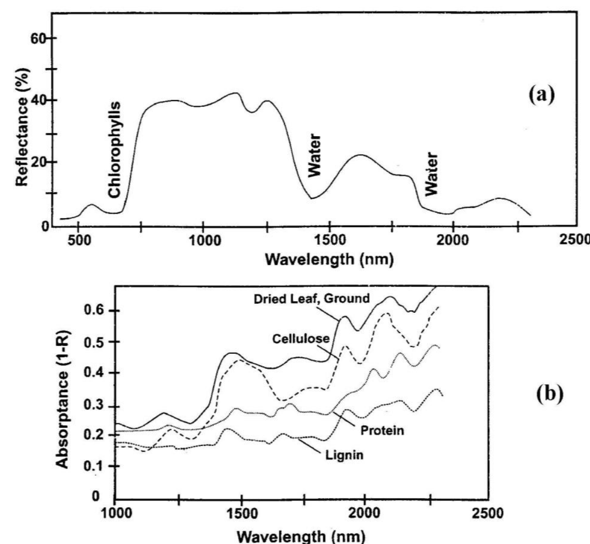
2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาค่าดัชนีพืชพรรณที่สังเคราะห์ขึ้นจากภาพดาวเทียมไทยโชตรูปแบบต่างๆ ของป่าไม้แต่ละชนิด

2.2 เพื่อศึกษาหาดัชนีพืชพรรณที่เหมาะสมสำหรับจำแนกชนิดป่าไม้ของประเทศไทย

3. ดัชนีพืชพรรณ

ดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index) เป็นกระบวนการสังเคราะห์ชั้นข้อมูลใหม่ โดยสร้างขึ้นจากการนำข้อมูลภาพดาวเทียมในแถบความถี่ที่เหมาะสมมาสร้างภาพใหม่โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ ข้อมูลใหม่ที่สร้างขึ้นมามีค่าเฉพาะเจาะจงไม่เกี่ยวข้องกับค่าการสะท้อนแสงของภาพดาวเทียม



รูปที่ 1 แผนภูมิการตอบสนองของพืชพรรณในแต่ละความยาวช่วงคลื่น (Franklin, 2001)

หากพิจารณาดูแผนภูมิการสะท้อนแสงของวัตถุซึ่งอธิบายโดยใช้ความยาวช่วงคลื่นจะพบว่า ตั้งแต่แถบความถี่สายตามองเห็น (Visible Light) จนถึงแถบความถี่อินฟราเรดใกล้ (Near-infrared) การสะท้อนแสงของพืชพรรณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในช่วงระหว่าง 0.7 – 1.3 ไมครอน (μm) โดยทั่วไปแล้วใบพืชจะสะท้อนพลังงานแสงอาทิตย์กลับราว 40 –

50 เปอร์เซ็นต์ พลังงานส่วนที่เหลือจะส่องผ่านใบพืชส่วนหนึ่ง และมีเพียงเล็กน้อย (ต่ำกว่า 5%) ที่ถูกดูดซับไว้ การที่พืชตอบสนองคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วง 0.7 – 1.3 μm ได้อย่างเด่นชัดเป็นผลมาจากโครงสร้างในใบพืช (รูปที่ 1) ซึ่งโครงสร้างดังกล่าวจะแตกต่างกันในแต่ละชนิดพันธุ์ แต่จะให้การตอบสนองคล้ายคลึงกัน (Lillesand and Kiefer, 1994) คลอโรฟิลด์ที่ปรากฏในใบพืชจะตอบสนองต่อแถบความถี่เขียวได้เป็นอย่างดี กล่าวคือแถบความถี่เขียวจะถูกคลอดโรฟิลด์ดูดซับ (Absorb) และส่องผ่าน (Transmit) ได้น้อย แต่จะสะท้อนกลับมาก ทำให้มนุษย์มองเห็นพืชพรรณที่มีคลอดโรฟิลด์เป็นสีเขียว ในช่วง 0.8 – 1.3 μm ปรากฏว่ามีการสะท้อนแสงกลับสูงหรืออาจเรียกได้ว่าเป็นช่วงที่ราบอินฟราเรดใกล้ (Near-IR Plateau) การสะท้อนแสงในช่วงนี้ถูกควบคุมโดยเนื้อเยื่อของใบพืช (Leaf Tissue) และโครงสร้างเซลล์ (Cellular Structure) สัดส่วนระหว่างการสะท้อนแสงในแถบความถี่อินฟราเรดใกล้และแถบความถี่สายตามองเห็นโดยทั่วไปแล้วสามารถบอกถึงความสามารถของเรือนยอดในการสังเคราะห์แสงซึ่งจะสัมพันธ์กับรูปแบบของพืชพรรณที่ขึ้นปรากฏ (Gupta, 2003)

Richards and Jia (1999) กล่าวว่า สัดส่วนระหว่างแถบความถี่ต่างๆ จากภาพดาวเทียมสามารถใช้ประโยชน์ในการหาความแตกต่างระหว่างพืชพรรณ ดิน และหิน ซึ่งสามารถลดปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับภูมิประเทศ Tucker (1979) กล่าวว่า Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) เป็นรูปแบบการเปลี่ยนแปลงข้อมูลภาพดาวเทียม ที่สามารถนำมาใช้ศึกษาการขึ้นปรากฏของพืชพรรณ หลักการของ NDVI ได้ถูกนำเสนอครั้งแรกโดย Kriegler et al. (1969) NDVI เป็นรูปแบบดัชนีพืชพรรณที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในงานด้านการวิเคราะห์ข้อมูลการรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing) สำหรับนิเวศวิทยาหรือทางการป่าไม้ (Dale, 1998) โดยนำเอาข้อมูลภาพดาวเทียมแถบความถี่อินฟราเรดใกล้และแถบความถี่แดงเข้าสมการทางคณิตศาสตร์ ค่าจุดภาพใหม่ที่ได้อยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 บริเวณที่พบค่า NDVI สูงจะแปลผลได้ว่ามีพื้นที่ใบสูง (Gausman, 1977) แต่เนื่องจากการสร้างดัชนีพืชพรรณจากภาพดาวเทียมไม่ยุ่งยากซับซ้อน ฉะนั้นการแปลตีความค่า NDVI โดยตรงสำหรับจำแนกชนิดป่าไม้ในบางกรณีจะเกิดปัญหาได้ (Franklin, 2001) สำหรับดัชนีพืชพรรณในรูปแบบอื่นมีผู้วิจัยไว้หลากหลาย อาทิ Transformed Vegetation Index (TVI) และ Vegetation Index (VI) โดยทั้งสองวิธีนี้เป็นการนำภาพดาวเทียมในแถบความถี่ต่างๆ มาหารกันเพื่อเกิดเป็นข้อมูลใหม่ (Richards and Jia, 1999) สำหรับ TVI และ NDVI พบว่ามีความสามารถในการแสดงมวลชีวภาพสะสมของพืชเกษตร และแสดงค่าพื้นที่ผิวใบ (Leaf Area Index: LAI) ของพืช อย่างไรก็ดีเมื่อค่าตัวแปรทางด้านชีวฟิสิกส์ของพืชอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง การเลือกใช้ Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI) จะเหมาะสมกว่า โดยสมการ GNDVI จะใช้รูปสมการเช่นเดียวกับ NDVI เพียงแต่ทดแทนแถบความถี่แดงด้วยแถบความถี่เขียว (Lillesand et al., 2004)

3. วิธีการวิจัย

3.1 การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการใน 4 พื้นที่ศึกษา ได้แก่ พื้นที่สงวนชีวมลฑลสะแกราช และสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา อุทยานแห่งชาติดอยหลวง จังหวัดเชียงราย อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี อุทยานแห่งชาติตะรุเตา จังหวัดสตูล

3.2 คัดเลือกข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชตเชิงเลข ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา ระดับการปรับแก้ไข 1A ซึ่งได้รับการปรับแก้เชิงคลื่น (Radiometric Correction) จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (สทอภ.)

3.3 ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตของภาพดาวเทียมไทยโชต (Geometric Correction) ด้วยวิธี Image to Map Registration โดยกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point: GCP) จากแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1: 50,000 ชุด L7018 ของกรมแผนที่ทหาร กำหนดค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Square Error: RMSE) ไม่เกินหนึ่งจุดภาพ (Pixel) จากนั้นเลือกใช้วิธีการเติมจุดภาพใหม่ (Resampling) วิธี Nearest Neighbor ภาพดาวเทียมที่เป็นผลลัพธ์จากขั้นตอนนี้ กำหนดค่าเส้นโครงแผนที่ (Map Projection) เป็น WGS 1984 (World Geodetic System 1984) มูลฐานทางราบ (Horizontal Datum)เป็น WGS 1984 เขตกริด UTM โซน 47 เหนือ

3.4 สร้างดัชนีพืชพรรณ ได้แก่ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Transformed Vegetation Index (TVI) Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI) และดัชนีพืชพรรณทางเลือกจากรูปแบบการ

บวก 6 รูปแบบ การลบ 12 รูปแบบ การคูณ 6 รูปแบบ การหาร 12 รูปแบบ ผลลบหารผลบวก 78 รูปแบบ และผลบวกหารผลลบ 78 รูปแบบ รวมเป็นรูปแบบดัชนีพืชพรรณที่ดำเนินการศึกษาทั้งสิ้น 19 รูปแบบ (สมการที่ 1 – 9)

NDVI = (IR – R) / (IR + R) . . . (1)

TVI = $[((IR - R) / (IR + R)) + 0.5)]^{0.5}$ . . . (2)

GNDVI = (IR – G) / (IR + G) . . . (3)

การบวก = $BandX_i + BandY_i$ . . . (4)

การลบ = $BandX_i - BandY_i$ . . . (5)

การคูณ = $BandX_i \times BandY_i$ . . . (6)

การหาร = $BandX_i / BandY_i$ . . . (7)

ผลลบหารผลบวก = $(BandX_i - BandY_i) / (BandX_i + BandY_i)$ . . . (8)

ผลบวกหารผลลบ = $(BandX_i + BandY_i) / (BandX_i - BandY_i)$ . . . (9)

เมื่อ G คือ ข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชตแถบความถี่เขียว

R คือ ข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชตแถบความถี่แดง

IR คือ ข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชตแถบความถี่อินฟราเรดใกล้

$BandX_i$, $BandY_i$ คือ ข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชตแถบความถี่น้ำเงิน หรือ เขียว หรือ แดง หรืออินฟราเรดใกล้

3.5 ศึกษาความเหมาะสมของดัชนีพืชพรรณในการจำแนกข้อมูลชนิดป่าไม้ ทั้ง 195 รูปแบบ โดยพิจารณาจากค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยนำข้อมูลชนิดป่าไม้ ปี พ.ศ. 2543 ของกรมป่าไม้ จัดเก็บในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาพิจารณาร่วมกัน

3.6 เมื่อได้ดัชนีพืชพรรณที่เหมาะสมแล้ว จะดำเนินการแบ่งค่าดัชนีพืชพรรณออกเป็นช่วง โดยแต่ละช่วงจะเป็นตัวแทนของป่าไม้แต่ละชนิด โดยกำหนดให้ช่วงดัชนีพืชพรรณของป่าไม้แต่ละชนิดไม่ซ้อนทับกัน

3.7 ตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกชนิดป่าไม้ภาคสนาม ด้วยเครื่องกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System: GPS) ภาคสนาม

3.8 นำเสนอสมการดัชนีพืชพรรณที่เหมาะสมสำหรับการนำมาใช้จำแนกชนิดป่าไม้ พร้อมสรุปขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

4. ผลการวิจัย

4.1 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตของภาพดาวเทียมไทยโชต

1) อุทยานแห่งชาติดอยหลวง จังหวัดเชียงราย

ผลการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิต บริเวณอุทยานแห่งชาติดอยหลวง จำนวน 2 ภาพ ได้แก่ ภาพหมายเลข K 258 J 310 บันทึกภาพเมื่อวันที่ 17 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 เวลา 10.36.47 น. ใช้จุด GCP ทั้งสิ้น 20 จุด ได้ค่า RMSE เท่ากับ 9.65 เมตร และภาพหมายเลข K 258 J 310 ใช้จุด GCP ทั้งสิ้น 18 จุด ได้ค่า RMSE เท่ากับ 9.90 เมตร

2) พื้นที่สงวนชีวมลฑลสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา

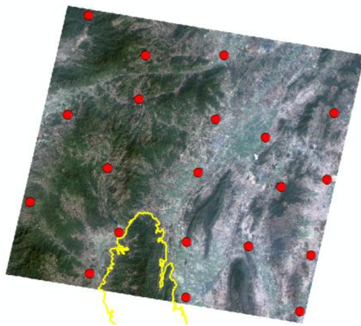
ผลการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิต บริเวณพื้นที่สงวนชีวมลฑลสะแกราช จำนวน 1 ภาพ ได้แก่ ภาพหมายเลข K 264 J 321 บันทึกภาพเมื่อวันที่ 28 ธันวาคม พ.ศ. 2553 เวลา 10.19.43 น. ใช้จุด GCP ทั้งสิ้น 19 จุด ได้ค่า RMSE เท่ากับ 9.95 เมตร

3) อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี

ผลการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิต บริเวณอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน จำนวน 3 ภาพ ได้แก่ ภาพหมายเลข K 260 J 323 บันทึกภาพเมื่อวันที่ 9 กุมภาพันธ์ มีนาคม พ.ศ. 2552 เวลา 10.29.46 น. ใช้ระดับการปรับแก้ไขข้อมูลระดับ 2A ซึ่งดำเนินการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตโดย สทอภ. ภาพหมายเลข K 261 J 323 บันทึกภาพเมื่อวันที่ 9 มกราคม พ.ศ. 2556 เวลา 10.30.26 น. ใช้จุด GCP ทั้งสิ้น 58 จุด ได้ค่า RMSE เท่ากับ 13.16 เมตร และภาพหมายเลข K 261 J 324 บันทึกภาพเมื่อวันที่ 9 มกราคม พ.ศ. 2556 เวลา 10.30.38 น. ใช้จุด GCP ทั้งสิ้น 57 จุด ได้ค่า RMSE เท่ากับ 12.62 เมตร

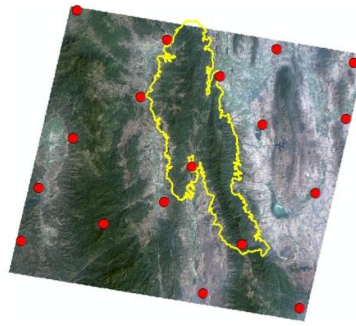
4) อุทยานแห่งชาติตะรุเตา จังหวัดสตูล

ผลการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิต บริเวณอุทยานแห่งชาติตะรุเตา จำนวน 1 ภาพ ได้แก่ ภาพหมายเลข K 264 J 336 บันทึกภาพเมื่อวันที่ 8 ธันวาคม พ.ศ. 2552 เวลา 10.33.58 น. ใช้จุด GCP ทั้งสิ้น 23 จุด ได้ค่า RMSE เท่ากับ 9.65 เมตร (รูปที่ 2)



K 258 J 310

อุทยานแห่งชาติดอยหลวง



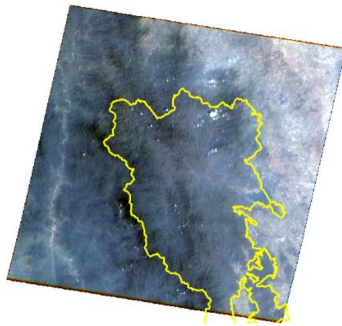
K 258 J 310

อุทยานแห่งชาติดอยหลวง



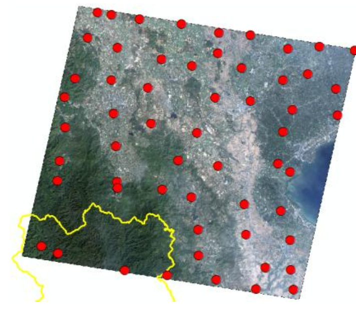
K 264 J 321

พื้นที่สงวนชีวมลฑลสะแกราช



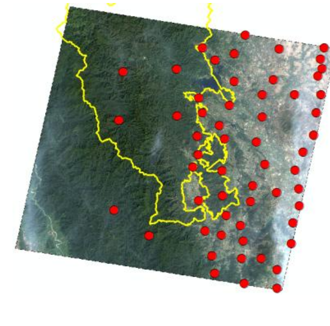
K 260 J 323

อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน



K 261 J 323

อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน



K 261 J 324

อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน



K 264 J 336

อุทยานแห่งชาติตะรุเตา

รูปที่ 2 ภาพดาวเทียมไทยโชต ระบบบันทึกภาพแบบหลายแถบความถี่ บริเวณพื้นที่ศึกษา

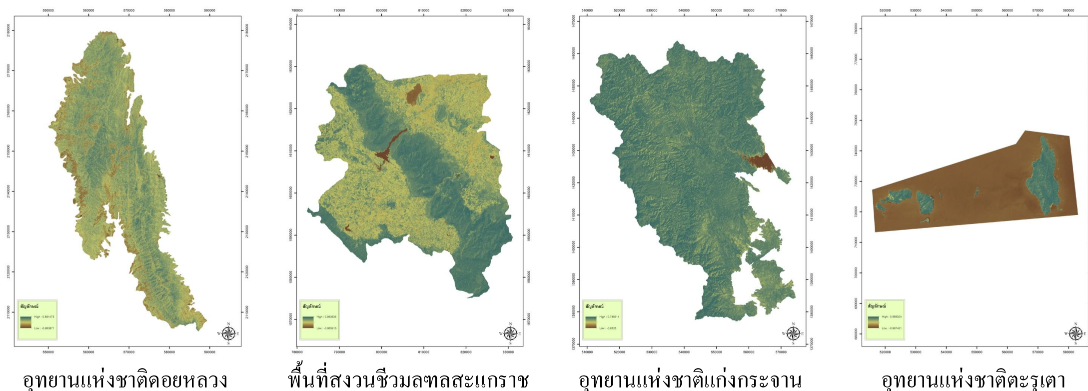
4.2 การสร้างดัชนีพืชพรรณจากภาพดาวเทียมไทยโชต

ในการศึกษาค่าดัชนีพืชพรรณซึ่งสังเคราะห์ขึ้นจากข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชต ได้ดำเนินการในพื้นที่ศึกษาทั้ง 4 แห่ง โดยมีดัชนีพืชพรรณหลัก ได้แก่ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Transformed Vegetation Index (TVI)

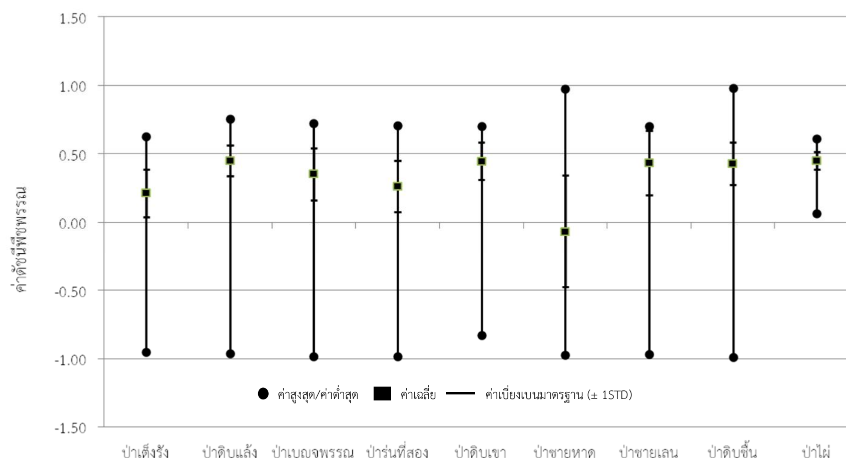
และ Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI) และได้ดำเนินการจัดทำดัชนีพืชพรรณทางเลือก ได้ผลดังนี้

4.2.1 NDVI

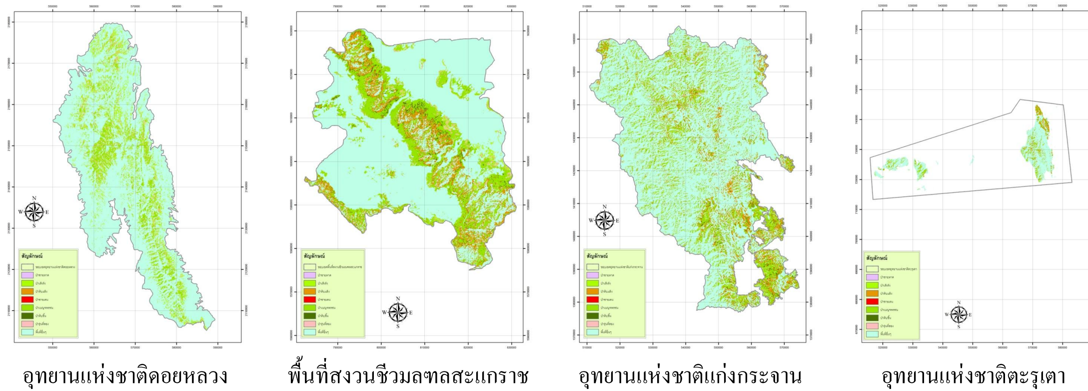
จากข้อมูลชนิดป่าไม้ของกรมป่าไม้ เมื่อ ปี พ.ศ. 2543 พบป่าไม้ชนิดต่างๆ ปรากฏในพื้นที่ศึกษาทั้ง 4 พื้นที่ ได้แก่ ป่าเต็งรัง ป่าดิบแล้ง ป่าดิบเขา ป่าเบญจพรรณ ป่ารุ่นสอง ป่าดิบเขา ป่าชายหาด ป่าชายเลน ป่าดิบชื้น และป่าไผ่ เมื่อนำข้อมูลชนิดป่าไม้ของกรมป่าไม้มาซ้อนทับกับข้อมูลดัชนีพืชพรรณ NDVI เพื่อศึกษาค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ของป่าไม้แต่ละชนิด ได้ผลดังรูปที่ 3 พบว่า ป่าไผ่ มีค่าเฉลี่ย NDVI สูงที่สุดเท่ากับ 0.451 รองลงมา คือ ป่าดิบแล้ง ป่าดิบเขา ป่าชายเลน ป่าดิบชื้น ป่าดิบเขา ป่าผสมผลัดใบ ป่ารุ่นสอง ป่าเต็งรัง และป่าชายหาด โดยมีค่าเฉลี่ย NDVI เท่ากับ 0.450 0.447 0.435 0.430 0.404 0.353 0.265 0.215 และ -0.066 ตามลำดับ (รูปที่ 4) ผลการจัดแบ่งช่วง NDVI พบว่า ป่าดิบเขามีช่วง NDVI สูงที่สุด โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.472 ถึง 0.475 ถัดมาคือ ป่าดิบแล้ง มีค่า NDVI ระหว่าง 0.430 ถึง 0.472 ป่าดิบชื้น มีค่า NDVI ระหว่าง 0.399 ถึง 0.430 ป่าชายเลน มีค่า NDVI ระหว่าง 0.391 ถึง 0.399 ป่าเบญจพรรณ มีค่า NDVI ระหว่าง 0.303 ถึง 0.391 ป่ารุ่นสอง มีค่า NDVI ระหว่าง 0.250 ถึง 0.303 ป่าเต็งรัง มีค่า NDVI ระหว่าง 0.180 ถึง 0.250 และป่าชายหาด มีค่า NDVI ระหว่าง -0.107 ถึง -0.025 ผลการจำแนกชนิดป่าไม้โดยใช้ข้อมูล NDVI แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 3 แผนที่ดัชนีพืชพรรณ NDVI



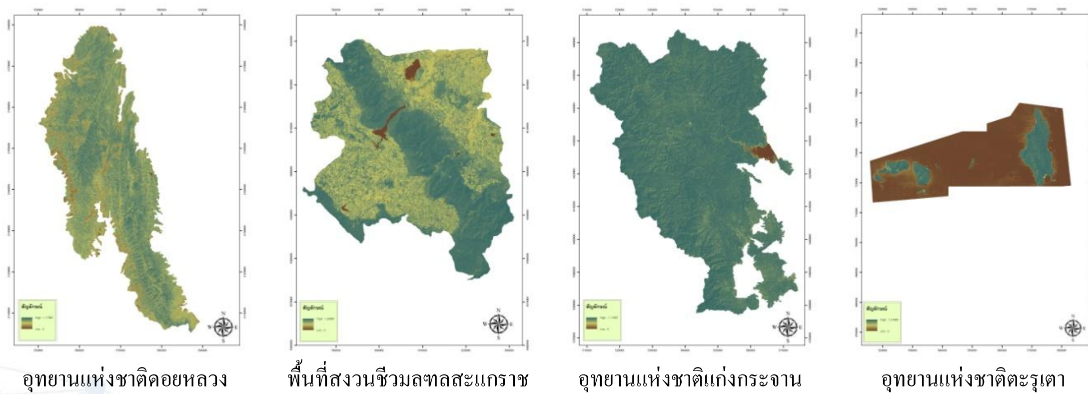
รูปที่ 4 ค่าทางสถิติของดัชนีพืชพรรณ NDVI สำหรับป่าไม้แต่ละชนิด



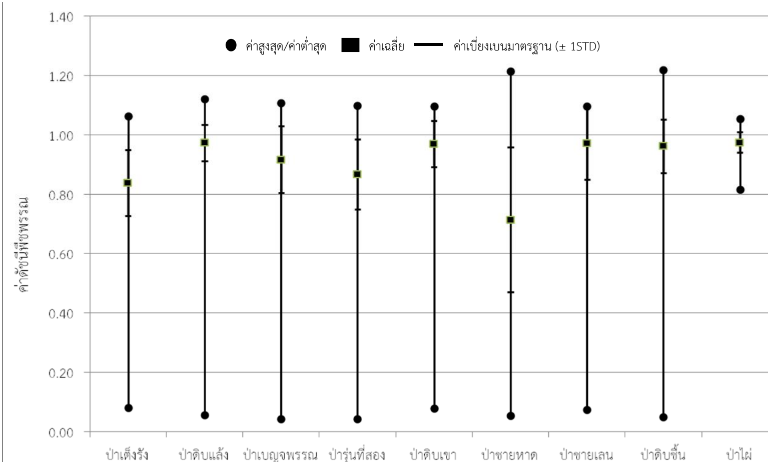
รูปที่ 5 แผนที่ชนิดป่าไม้ จำแนกโดยใช้ค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI

4.2.2 TVI

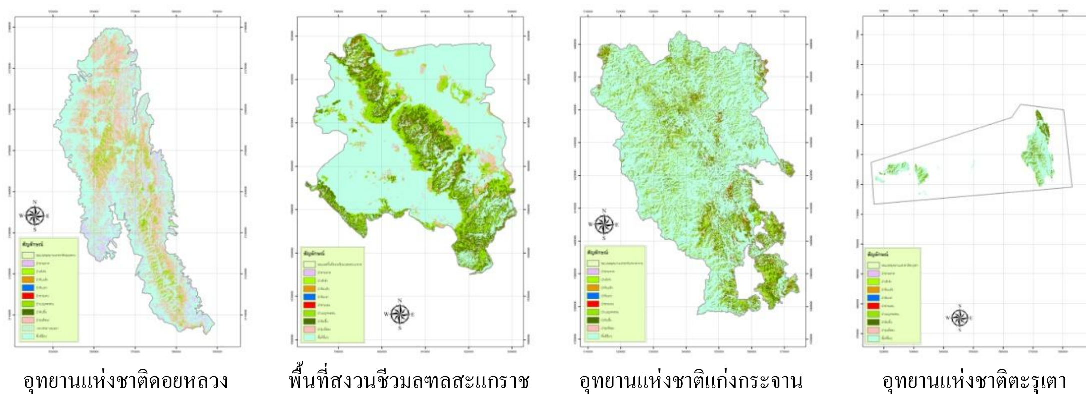
TVI เป็นดัชนีพืชพรรณอีกรูปแบบหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เมื่อนำข้อมูลชนิดป่าไม้ของกรมป่าไม้ ปี พ.ศ. 2543 มาซ้อนทับกับข้อมูลดัชนีพืชพรรณ TVI เพื่อศึกษาค่าดัชนีพืชพรรณ TVI ของป่าแต่ละชนิด ได้ผลดังรูปที่ 6 พบว่า ป่าไผ่ มีค่าเฉลี่ย TVI สูงสุด เท่ากับ 0.974 รองลงมาคือ ป่าดิบแล้ง ป่าชายเลน ป่าดิบเขา ป่าดิบชื้น ป่าเบญจพรรณ ป่ารุ่นสอง ป่าเต็งรัง และป่าชายหาด มีค่าเฉลี่ย TVI เท่ากับ 0.973 0.970 0.970 0.962 0.917 0.867 0.838 และ 0.714 ตามลำดับ (รูปที่ 7) ผลการจัดแบ่งช่วง TVI พบว่า ป่าชายเลน มีช่วง TVI สูงที่สุด โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.985 ถึง 0.994 รองลงมาคือ ป่าดิบแล้ง มีค่า TVI ระหว่าง 0.973 ถึง 0.985 ป่าดิบเขา มีค่า TVI ระหว่าง 0.970 ถึง 0.973 ป่าดิบชื้น มีค่า TVI ระหว่าง 0.944 ถึง 0.970 ป่าเบญจพรรณ มีค่า TVI ระหว่าง 0.894 ถึง 0.944 ป่ารุ่นสอง มีค่า TVI ระหว่าง 0.844 ถึง 0.894 ป่าเต็งรัง มีค่า TVI ระหว่าง 0.816 ถึง 0.844 และป่าชายหาด มีค่า TVI ระหว่าง 0.665 ถึง 0.762 ทั้งนี้ป่าไผ่ไม่สามารถจำแนกโดยใช้ TVI ได้ ผลการจำแนกชนิดป่าไม้โดยใช้ข้อมูล TVI แสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 6 แผนที่ดัชนีพืชพรรณ TVI



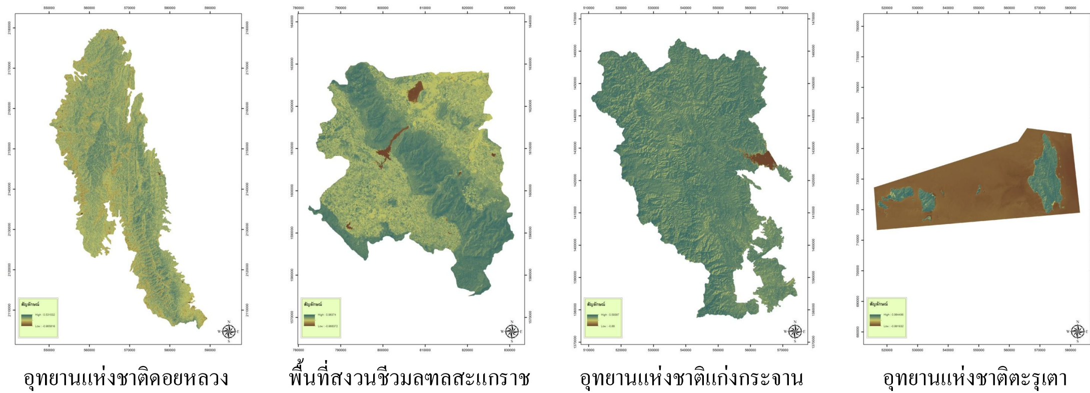
รูปที่ 7 ค่าทางสถิติของดัชนีพืชพรรณ TVI สำหรับป่าไม้แต่ละชนิด



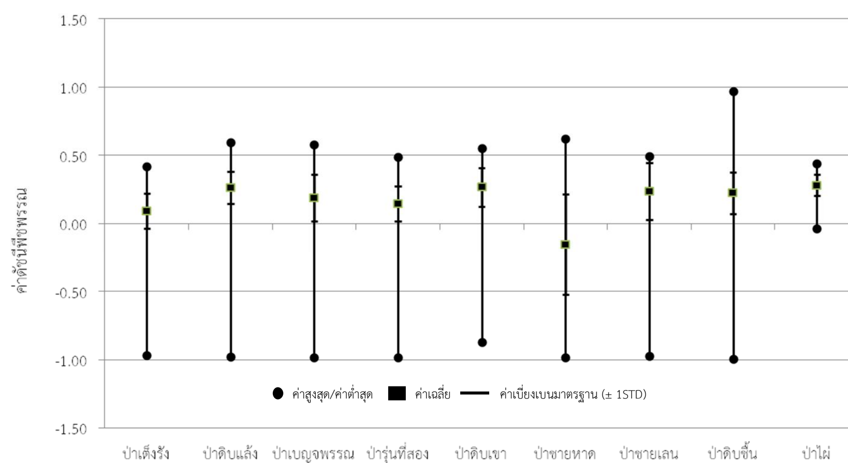
รูปที่ 8 แผนที่ชนิดป่าไม้ จำแนกประเภทข้อมูลโดยใช้ค่าดัชนีพืชพรรณ TVI

4.2.3 GNDVI

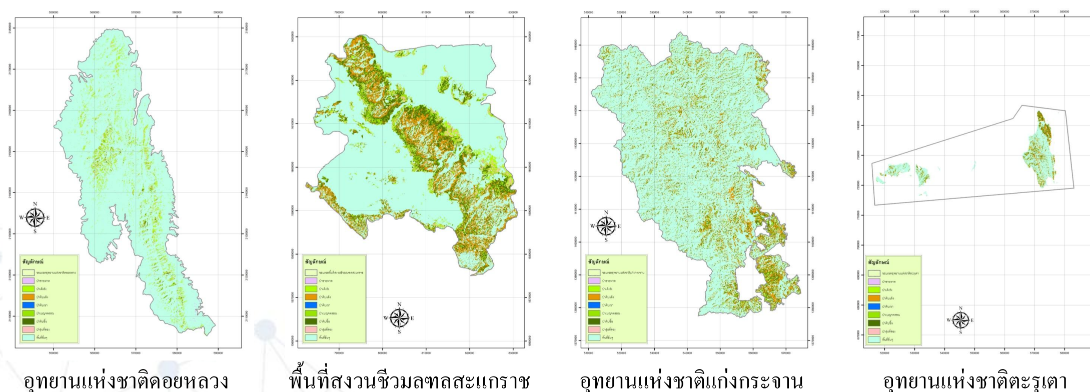
GNDVI มีรูปแบบสมการเช่นเดียวกับดัชนีพืชพรรณ NDVI แต่เปลี่ยนตัวแปรที่ปรากฏจากแถบความถี่แดงเป็นแถบความถี่เขียว เมื่อนำข้อมูลชนิดป่าของกรมป่าไม้ พ.ศ. 2543 มาซ้อนทับกับข้อมูลดัชนีพืชพรรณ GNDVI เพื่อศึกษาค่าดัชนีพืชพรรณ GNDVI ของป่าไม้แต่ละชนิด ได้ผลดังรูปที่ 9 พบว่า ป่าดิบเขา มีค่าเฉลี่ย GNDVI สูงสุด เท่ากับ 0.268 รองลงมาคือ ป่าดิบแล้ง ป่าชายเลน ป่าดิบชื้น ป่าผสมผลัดใบ ป่ารุ่นสอง ป่าเต็งรัง และป่าชายหาด โดยมีค่า GNDVI เท่ากับ 0.265 0.238 0.226 0.189 0.146 0.091 และ -0.155 ตามลำดับ (รูปที่ 10) ผลการจัดแบ่งช่วง GNDVI พบว่า ป่าดิบเขามีช่วง GNDVI สูงที่สุด โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.288 ถึง 0.296 รองลงมาคือ ป่าดิบแล้ง มีค่า GNDVI ระหว่าง 0.241 ถึง 0.288 ป่าดิบชื้น มีค่า GNDVI ระหว่าง 0.196 ถึง 0.241 ป่าเบญจพรรณ มีค่า GNDVI ระหว่าง 0.155 ถึง 0.196 ป่ารุ่นสอง มีค่า GNDVI ระหว่าง 0.117 ถึง 0.155 ป่าเต็งรัง มีค่า GNDVI ระหว่าง 0.065 ถึง 0.117 และ ป่าชายหาด มีค่า GNDVI ระหว่าง -0.192 ถึง -0.118 ทั้งนี้ GNDVI ไม่สามารถจำแนกป่าชายเลนและป่าชายหาดได้ ผลการจำแนกชนิดป่าไม้โดยใช้ข้อมูล GNDVI แสดงดังรูปที่ 11



รูปที่ 9 แผนที่ดัชนีพืชพรรณ GNDVI



รูปที่ 10 ค่าทางสถิติของดัชนีพืชพรรณ GNDVI สำหรับป่าไม้แต่ละชนิด



รูปที่ 11 แผนที่ชนิดป่าไม้ จำแนกประเภทข้อมูลโดยใช้ค่าดัชนีพืชพรรณ GNDVI

4.2.4 ดัชนีพืชพรรณทางเลือก

ดัชนีพืชพรรณทางเลือกเกิดขึ้นจากการนำข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชตแถบความถี่ต่างๆ มาสังเคราะห์ขึ้นโดยใช้รูปแบบการบวก ลบ คูณ และหารแบบง่าย รูปแบบสมการทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รูปแบบการสร้างดัชนีพืชพรรณทางเลือกจากข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชต

รูปแบบ	สมการ
ผลบวก	1 + 2, 1 + 3, 1 + 4, 2 + 3, 2 + 4, 3 + 4
ผลลบ	1 – 2, 1 – 3, 1 – 4, 2 – 1, 2 – 3, 2 – 4, 3 – 1, 3 – 2, 3 – 4, 4 – 1, 4 – 2
ผลคูณ	1 X 2, 1 X 3, 1 X 4, 2 X 3, 2 X 4, 3 X 4
ผลหาร	1 / 2, 1 / 3, 1 / 4, 2 / 1, 2 / 3, 2 / 4, 3 / 1, 3 / 2, 3 / 4, 4 / 1, 4 / 2
ผลบวก / ผลลบ	(1 + 2) / (1 - 2), (1 + 2) / (1 - 3), (1 + 2) / (1 – 4), (1 + 2) / (2 - 1), (1 + 2) / (2 - 3), (1 + 2) / (2 - 4), (1 + 2) / (3 - 1), (1 + 2) / (3 - 2), (1 + 2) / (3 - 4), (1 + 2) / (4 - 1), (1 + 2) / (4 - 2), (1 + 2) / (4 - 3), (1 + 3) / (1 - 2), (1 + 3) / (1 - 3), (1 + 3) / (1 – 4), (1 + 3) / (2 - 1), (1 + 3) / (2 - 3), (1 + 3) / (2 - 4), (1 + 3) / (3 - 1), (1 + 3) / (3 - 2), (1 + 3) / (3 - 4), (1 + 3) / (4 - 1), (1 + 3) / (4 - 2), (1 + 3) / (4 - 3), (1 + 4) / (1 - 2), (1 + 4) / (1 - 3), (1 + 4) / (1 – 4), (1 + 4) / (2 - 1), (1 + 4) / (2 - 3), (1 + 4) / (2 - 4), (1 + 4) / (3 - 1), (1 + 4) / (3 - 2), (1 + 4) / (3 - 4), (1 + 4) / (4 - 1), (1 + 4) / (4 - 2), (1 + 4) / (4 - 3), (2 + 3) / (1 - 2), (2 + 3) / (1 - 3), (2 + 3) / (1 – 4), (2 + 3) / (2 - 1), (2 + 3) / (2 - 3), (2 + 3) / (2 - 4), (2 + 3) / (3 - 1), (2 + 3) / (3 - 2), (2 + 3) / (3 - 4), (2 + 3) / (4 - 1), (2 + 3) / (4 - 2), (2 + 3) / (4 - 3), (2 + 4) / (1 - 2), (2 + 4) / (1 - 3), (2 + 4) / (1 – 4), (2 + 4) / (2 - 1), (2 + 4) / (2 - 3), (2 + 4) / (2 - 4), (2 + 4) / (3 - 1), (2 + 4) / (3 - 2), (2 + 4) / (3 - 4), (2 + 4) / (4 - 1), (2 + 4) / (4 - 2), (2 + 4) / (4 - 3), (3 + 4) / (1 - 2), (3 + 4) / (1 - 3), (3 + 4) / (1 – 4), (3 + 4) / (2 - 1), (3 + 4) / (2 - 3), (3 + 4) / (2 - 4), (3 + 4) / (3 - 1), (3 + 4) / (3 - 2), (3 + 4) / (3 - 4), (3 + 4) / (4 - 1), (3 + 4) / (4 - 2), (3 + 4) / (4 - 3),
ผลลบ / ผลบวก	(1 – 2) / (1 + 2), (1 – 2) / (1 + 3), (1 – 2) / (1 + 4), (1 – 2) / (2 + 3), (1 – 2) / (2 + 4), (1 – 2) / (3 + 4), (1 - 3) / (1 + 2), (1 - 3) / (1 + 3), (1 - 3) / (1 + 4), (1 - 3) / (2 + 3), (1 - 3) / (2 + 4), (1 - 3) / (3 + 4), (1 - 4) / (1 + 2), (1 - 4) / (1 + 3), (1 - 4) / (1 + 4), (1 - 4) / (2 + 3), (1 - 4) / (2 + 4), (1 - 4) / (3 + 4), (2 - 1) / (1 + 2), (2 - 1) / (1 + 3), (2 - 1) / (1 + 4), (2 - 1) / (2 + 3), (2 - 1) / (2 + 4), (2 - 1) / (3 + 4), (2 - 3) / (1 + 2), (2 - 3) / (1 + 3), (2 - 3) / (1 + 4), (2 - 3) / (2 + 3), (2 - 3) / (2 + 4), (2 - 3) / (3 + 4), (2 - 4) / (1 + 2), (2 - 4) / (1 + 3), (2 - 4) / (1 + 4), (2 - 4) / (2 + 3), (2 - 4) / (2 + 4), (2 - 4) / (3 + 4), (3 - 1) / (1 + 2), (3 - 1) / (1 + 3), (3 - 1) / (1 + 4), (3 - 1) / (2 + 3), (3 - 1) / (2 + 4), (3 - 1) / (3 + 4), (3 - 2) / (1 + 2), (3 - 2) / (1 + 3), (3 - 2) / (1 + 4), (3 - 2) / (2 + 3), (3 - 2) / (2 + 4), (3 - 2) / (3 + 4), (3 - 4) / (1 + 2), (3 - 4) / (1 + 3), (3 - 4) / (1 + 4), (3 - 4) / (2 + 3), (3 - 4) / (2 + 4), (3 - 4) / (3 + 4), (4 - 1) / (1 + 2), (4 - 1) / (1 + 3), (4 - 1) / (1 + 4), (4 - 1) / (2 + 3), (4 - 1) / (2 + 4), (4 - 1) / (3 + 4), (4 - 2) / (1 + 2), (4 - 2) / (1 + 3), (4 - 2) / (1 + 4), (4 - 2) / (2 + 3), (4 - 2) / (2 + 4), (4 - 2) / (3 + 4), (4 - 3) / (1 + 2), (4 - 3) / (1 + 3), (4 - 3) / (1 + 4), (4 - 3) / (2 + 3), (4 - 3) / (2 + 4), (4 - 3) / (3 + 4),

หมายเหตุ: 1 คือ ข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชต แถบความถี่น้ำเงิน
2 คือ ข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชต แถบความถี่เขียว
3 คือ ข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชต แถบความถี่แดง
4 คือ ข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชต แถบความถี่อินฟราเรดใกล้

จากสมการดัชนีพืชพรรณทางเลือกทั้งหมด 192 รูปแบบ แบ่งออกเป็น การบวก 6 รูปแบบ การลบ 12 รูปแบบ การคูณ 6 รูปแบบ การหาร 12 รูปแบบ ผลบวกหารผลลบ 78 รูปแบบ และผลลบหารผลบวก 78 รูปแบบ เมื่อนำข้อมูลชนิดป่าไม้ของกรมป่าไม้ ปี พ.ศ. 2543 มาซ้อนทับกับข้อมูลดัชนีพืชพรรณทางเลือก เพื่อศึกษาค่าดัชนีพืชพรรณที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการจำแนกชนิดป่าไม้ ผลการศึกษาดัชนีพืชพรรณทางเลือกพบว่ามีจำนวน 4 รูปแบบที่มีค่าเฉลี่ยดัชนีพืชพรรณของป่าไม้แต่ละชนิดแยกออกจากกันได้ ได้แก่

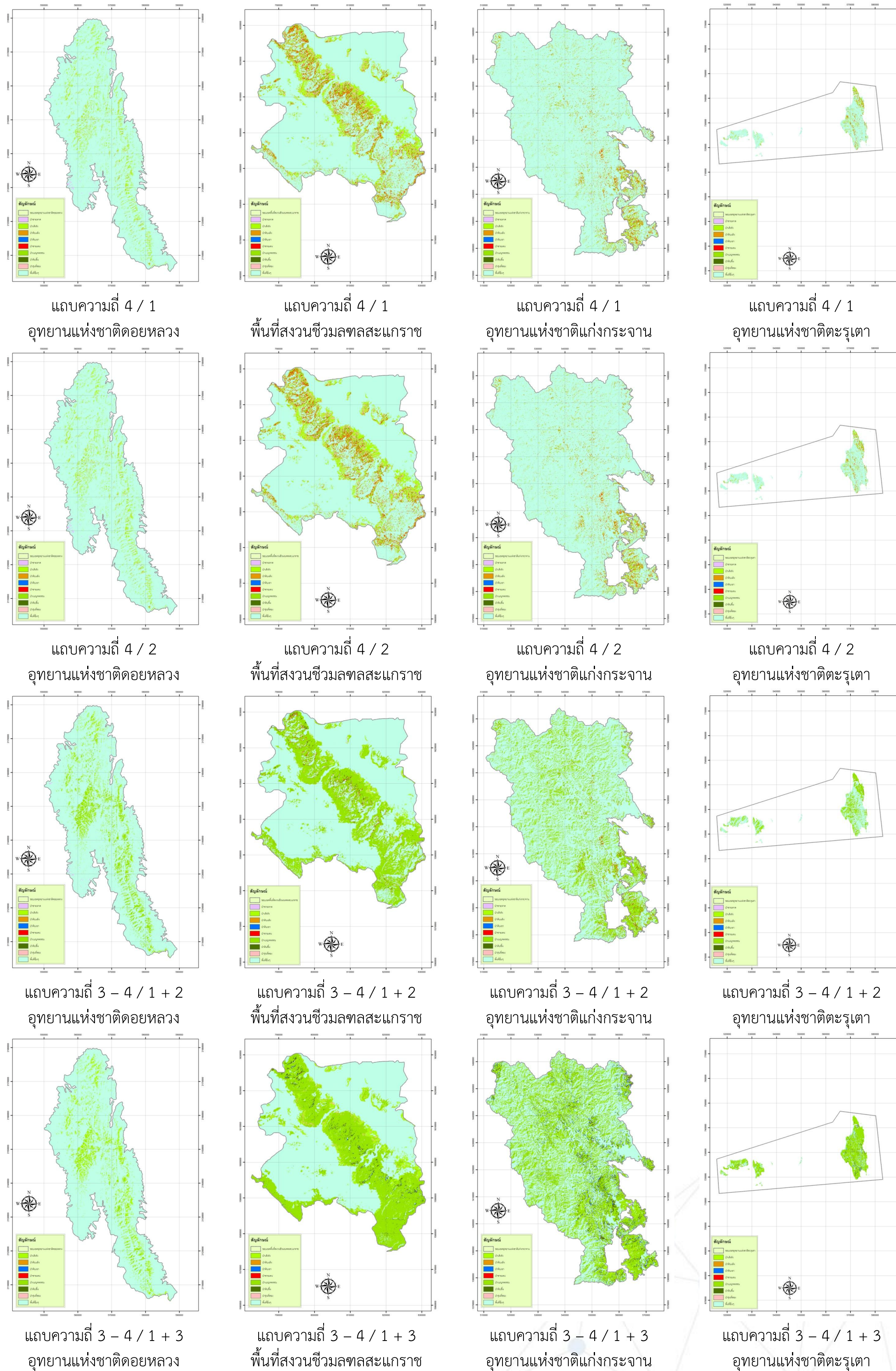
1) แถบความถี่ 4 / แถบความถี่ 1 (4d1)
2) แถบความถี่ 4 / แถบความถี่ 2 (4d2)
3) (แถบความถี่ 3 – แถบความถี่ 4) / (แถบความถี่ 1 + แถบความถี่ 2) (3m4_1p2)
4) (แถบความถี่ 3 – แถบความถี่ 4) / (แถบความถี่ 1 + แถบความถี่ 3) (3m4_1p3)

ผลการศึกษาหาเกณฑ์การจำแนกชนิดป่าไม้จากค่าดัชนีพืชพรรณทางเลือกทั้ง 4 รูปแบบ แสดงดังตารางที่ 2 สำหรับรูปแบบของดัชนีพืชพรรณทางเลือกแบบ ผลบวกหารผลลบ เกิดปัญหาในการวิเคราะห์ข้อมูล เพราะผลลบกันของค่าการสะท้อนแสงสำหรับแถบความถี่ที่นำมาหารเกิดค่าศูนย์ ทำให้ไม่สามารถคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณแบบ ผลบวกหารผลลบในบางรูปแบบได้ ดังนั้นสรุปได้ว่าการนำข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชต มาสร้างเป็นดัชนีพืชพรรณทางเลือกแบบ ผลบวกหารผลลบเป็นรูปแบบที่ไม่เหมาะสมสำหรับใช้จำแนกชนิดป่าไม้

ตารางที่ 2 รายละเอียดดัชนีพืชพรรณทางเลือกที่ใช้สำหรับการจำแนกชนิดป่าไม้

ชนิดป่าไม้	ค่าดัชนีพืชพรรณทางเลือก							
	4d1		4d2		3m4_1p2		3m4_1p3	
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ป่าเต็งรัง	0.990	1.114	1.209	1.355	-0.251	-0.188	-0.290	-0.200
ป่าดิบแล้ง	1.370	1.453	1.741	1.815	-0.516	-0.476	-0.597	-0.573
ป่าเบญจพรรณ	1.234	1.309	1.514	1.616	-0.418	-0.289	-0.493	-0.335
ป่ารุ่นสอง	1.114	1.191	1.355	1.514	-0.289	-0.251	-0.335	-0.290
ป่าดิบเขา	1.453	1.498	1.815	1.862	-0.540	-0.517	-0.641	-0.597
ป่าชายหาด	0.717	0.808	0.859	0.983	-0.066	-0.004	-0.200	-0.018
ป่าชายเลน	1.309	1.370	1.693	1.741	-0.476	-0.457	-0.573	-0.546
ป่าดิบชื้น	1.191	1.234	1.616	1.693	-0.457	-0.418	-0.546	-0.493

ผลการศึกษาพบว่า สำหรับดัชนีพืชพรรณ 4d1 ของป่าดิบเขา มีดัชนีพืชพรรณสูงที่สุด โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.453 ถึง 1.498 รองลงมาคือ ป่าดิบแล้ง มีค่าอยู่ระหว่าง 1.370 ถึง 1.453 ป่าชายเลน มีค่าอยู่ระหว่าง 1.309 ถึง 1.370 ป่าเบญจพรรณ มีค่าอยู่ระหว่าง 1.234 ถึง 1.309 ป่าดิบชื้น มีค่าอยู่ระหว่าง 1.191 ถึง 1.234 ป่ารุ่นสอง มีค่าอยู่ระหว่าง 1.114 ถึง 1.191 ป่าเต็งรัง มีค่าอยู่ระหว่าง 0.990 ถึง 1.114 และป่าชายหาด มีค่าอยู่ระหว่าง 0.717 ถึง 0.808 สำหรับดัชนีพืชพรรณ 4d2 ของป่าดิบเขา มีดัชนีพืชพรรณสูงที่สุด โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.815 ถึง 1.862 รองลงมาคือ ป่าดิบแล้ง มีค่าอยู่ระหว่าง 1.741 ถึง 1.815 ป่าชายเลน มีค่าอยู่ระหว่าง 1.693 ถึง 1.741 ป่าดิบชื้น มีค่าอยู่ระหว่าง 1.616 ถึง 1.693 ป่าเบญจพรรณ มีค่าอยู่ระหว่าง 1.514 ถึง 1.616 ป่ารุ่นสอง มีค่าอยู่ระหว่าง 1.355 ถึง 1.514 ป่าเต็งรัง มีค่าอยู่ระหว่าง 1.209 ถึง 1.355 และ ป่าชายหาด มีค่าอยู่ระหว่าง 0.859 ถึง 0.983 สำหรับดัชนีพืชพรรณ 3m4_1p2 ของป่าชายหาด มีดัชนีพืชพรรณสูงที่สุด โดยมีค่าอยู่ระหว่าง -0.066 ถึง -0.004 รองลงมาคือ ป่าเต็งรัง มีค่าอยู่ระหว่าง -0.251 ถึง -0.188 ป่ารุ่นสอง มีค่าอยู่ระหว่าง -0.289 ถึง -0.251 ป่าเบญจพรรณ มีค่าอยู่ระหว่าง -0.418 ถึง -0.289 ป่าดิบชื้น มีค่าอยู่ระหว่าง -0.457 ถึง -0.418 ป่าชายเลนมีค่าอยู่ระหว่าง -0.476 ถึง -0.457 ป่าดิบแล้ง มีค่าอยู่ระหว่าง -0.516 ถึง -0.476 และป่าดิบเขา มีค่าอยู่ระหว่าง -0.540 ถึง -0.517 และสำหรับดัชนีพืชพรรณ 3m4_1p3 ของป่าชายหาด มีดัชนีพืชพรรณสูงที่สุด โดยมีค่าอยู่ระหว่าง -0.018 ถึง -0.018 รองลงมาคือป่าเต็งรัง มีค่าอยู่ระหว่าง -0.290 ถึง -0.200 ป่ารุ่นสอง มีค่าอยู่ระหว่าง -0.335 ถึง -0.290 ป่าเบญจพรรณ มีค่าอยู่ระหว่าง -0.493 ถึง -0.335 ป่าดิบชื้น มีค่าอยู่ระหว่าง -0.546 ถึง -0.493 ป่าชายเลน มีค่าอยู่ระหว่าง -0.573 ถึง -0.546 ป่าดิบแล้ง มีค่าอยู่ระหว่าง -0.597 ถึง -0.573 และ ป่าดิบเขา มีค่าอยู่ระหว่าง -0.641 ถึง -0.597 ผลจากการจำแนกชนิดป่าไม้โดยใช้ดัชนีพืชพรรณทางเลือก แสดงเป็นแผนที่ชนิดป่าไม้ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 แผนที่ชนิดป่าไม้ จำแนกประเภทข้อมูลโดยใช้ค่าดัชนีพืชพรรณทางเลือก

4.3 การตรวจสอบความถูกต้องในการจำแนกชนิดป่าไม้

จากผลการสร้างข้อมูลดัชนีพืชพรรณจากภาพดาวเทียมไทยโชตเพื่อจำแนกชนิดป่าไม้ของประเทศไทย ทั้งสิ้น 7 รูปแบบ ได้แก่ 1) NDVI 2) TVI 3) GNDVI 4) แถบความถี่ 4 / แถบความถี่ 1 5) แถบความถี่ 4 / แถบความถี่ 2 6) (แถบความถี่ 3 – แถบความถี่ 4) / (แถบความถี่ 1 + แถบความถี่ 2) 7) (แถบความถี่ 3 – แถบความถี่ 4) / (แถบความถี่ 1 + แถบความถี่ 3) ได้ดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องในการจำแนกชนิดป่าไม้ โดยใช้จุดตรวจสอบภาคสนามทั้งสิ้น 195 จุด กระจายในพื้นที่ป่าไม้แต่ละชนิดทั้ง 4 พื้นที่ศึกษา แบ่งเป็น อุทยานแห่งชาติดอยหลวง 96 จุด พื้นที่สงวนชีวมลฑลสะแกราช 21 จุด อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน 56 จุด และอุทยานแห่งชาติตะรุเตา 22 จุดตำแหน่งจุดตรวจสอบภาคสนามใช้หลักการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิอย่างง่าย (Stratified Random Sampling) โดยใช้ข้อมูลชนิดป่าไม้ ปี พ.ศ. 2543 ในการแบ่งข้อมูลเป็นระดับแรก จากนั้นจึงวางตำแหน่งจุดตรวจสอบข้อมูลชนิดป่าไม้ในแต่ละชนิดป่าไม้ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย และใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากหน่วยงานภาคสนามมาประกอบด้วย

ผลการตรวจสอบข้อมูลภาคสนามสรุปได้ว่า 1) NDVI มีร้อยละความถูกต้องในการจำแนกชนิดป่าไม้ เท่ากับ 52.31 2) TVI ร้อยละ 37.97 3) GNDVI ร้อยละ 54.87 4) แถบความถี่ 4 / แถบความถี่ 1 ร้อยละ 52.31 5) แถบความถี่ 4 / แถบความถี่ 2 ร้อยละ 52.82 6) (แถบความถี่ 3 – แถบความถี่ 4) / (แถบความถี่ 1 + แถบความถี่ 2) ร้อยละ 60.51 และ 7) (แถบความถี่ 3 – แถบความถี่ 4) / (แถบความถี่ 1 + แถบความถี่ 3) ร้อยละ 55.90

4.4 ดัชนีพืชพรรณที่เหมาะสมสำหรับจำแนกชนิดป่าไม้ของประเทศไทย

จากการศึกษาดัชนีพืชพรรณที่เหมาะสมสำหรับจำแนกชนิดป่าไม้ของประเทศไทยจากข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชต ระบบบันทึกภาพหลายแถบความถี่ รายละเอียดจุดภาพ 15 เมตร โดยพิจารณาจากสมการดัชนีพืชพรรณ ได้แก่ NDVI TVI GNDVI รวมถึงสมการดัชนีพืชพรรณทางเลือกซึ่งสังเคราะห์ขึ้นจากข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชต รวมทั้งสิ้น 195 รูปแบบ พบว่า ดัชนีพืชพรรณที่เกิดจากการนำข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชตแถบความถี่แดงลบด้วยแถบความถี่อินฟราเรดใกล้จากนั้นหารด้วยผลรวมค่าการสะท้อนแสดงระหว่างแถบความถี่น้ำเงินและแถบความถี่เขียว เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับจำแนกชนิดป่าไม้ของประเทศไทย เนื่องจากให้ค่าร้อยละความถูกต้องสูงที่สุด เท่ากับ 60.51 โดยดัชนีพืชพรรณดังกล่าว มีร้อยละความถูกต้องในการจำแนกป่าชายหาดและป่าชายเลน เท่ากับ 100.00 ป่าเบญจพรรณ เท่ากับ 68.94 ป่าดิบชื้น เท่ากับ 68.75 ป่าดิบแล้ง เท่ากับ 57.14 ทั้งนี้ป่าเต็งรังไม่สามารถจำแนกได้ เนื่องจากช่วงเวลาของการถ่ายทำภาพดาวเทียมไทยโชตอยู่ในช่วงที่พืชพรรณในป่าเต็งรังผลัดใบ ทำให้ค่าการสะท้อนแสงที่ปรากฏในภาพดาวเทียมไทยโชต ไม่ปรากฏพืชพรรณในบริเวณดังกล่าว สำหรับป่าดิบเขาและป่ารุ่นที่สอง ไม่สามารถจำแนกชนิดป่าไม้โดยใช้ดัชนีพืชพรรณรูปแบบนี้ได้

5. สรุปผลการศึกษา

5.1 ดัชนีพืชพรรณที่นำมาใช้ทดสอบสำหรับจำแนกชนิดป่าของประเทศไทย จากข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชต ได้แก่ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Transformed Vegetation Index (TVI) Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI) รวมถึงสมการดัชนีพืชพรรณที่สังเคราะห์ขึ้นจากข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชต แบ่งเป็น การบวก 6 รูปแบบ การลบ 12 รูปแบบ การคูณ 6 รูปแบบ การหาร 12 รูปแบบ ผลบวกหารผลลบ 78 รูปแบบ ผลลบหารผลบวก 78 รูปแบบ รวมเป็นดัชนีพืชพรรณที่ได้ดำเนินการศึกษาทั้งหมด 195 รูปแบบ ทั้งนี้พบว่ามีเพียง 7 รูปแบบ ได้แก่ 1) NDVI 2) TVI 3) GNDVI 4) แถบความถี่ 4 / แถบความถี่ 1 5) แถบความถี่ 4 / แถบความถี่ 2 6) แถบความถี่ 3 – แถบความถี่ 4 / แถบความถี่ 1 + แถบความถี่ 2 7) แถบความถี่ 3 – แถบความถี่ 4 / แถบความถี่ 1 + แถบความถี่ 3 ที่สามารถนำมาดำเนินการจำแนกชนิดป่าไม้ได้

ผลการวิเคราะห์ความถูกต้องในการจำแนกประเภทข้อมูลชนิดป่าไม้ พบว่าดัชนีพืชพรรณรูปแบบ แถบความถี่ 3 – แถบความถี่ 4 / แถบความถี่ 1 + แถบความถี่ 2 มีความถูกต้องในการจำแนกประเภทข้อมูลเฉลี่ยรวมสูงที่สุด ร้อยละ 60.51 รองลงมาคือ แถบความถี่ 3 – แถบความถี่ 4 / แถบความถี่ 1 + แถบความถี่ 3 ร้อยละ 55.90 GNDVI ร้อยละ 54.87 แถบความถี่ 4 / แถบความถี่ 2 ร้อยละ 52.82 NDVI ร้อยละ 52.31 แถบความถี่ 4 / แถบความถี่ 1 ร้อยละ 52.31 และ TVI ร้อยละ 37.97

5.2 ดัชนีพืชพรรณที่เกิดขึ้นจากการนำข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชตแถบความถี่แดงลบด้วยข้อมูลแถบความถี่อินฟราเรดใกล้จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาหารด้วยผลรวมค่าการสะท้อนแสดงระหว่างแถบความถี่น้ำเงินและแถบความถี่เขียว เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับจำแนกชนิดป่าไม้ของประเทศไทย โดยมีช่วงการจำแนกป่าชายหาด อยู่ระหว่าง

-0.066 ถึง -0.004 ป่าชายเลน อยู่ระหว่าง -0.476 ถึง -0.457 ป่าเบญจพรรณ อยู่ระหว่าง -0.418 ถึง -0.289 ป่าดิบชื้น อยู่ระหว่าง -0.457 ถึง -0.418 และ ป่าดิบแล้ง อยู่ระหว่าง -0.516 ถึง -0.476 ทั้งนี้ป่าเต็งรัง ป่าดิบเขาและป่ารุ่นที่สอง ไม่สามารถจำแนกประเภทข้อมูลได้

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ควรเลือกใช้ข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชตที่บันทึกข้อมูลในช่วงระยะเวลาที่ต้นไม้ไม่ผลัดใบ เนื่องจากผลการศึกษาพบว่าป่าเต็งรังไม่สามารถจำแนกโดยใช้ดัชนีพืชพรรณที่บันทึกข้อมูลในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากค่าการสะท้อนแสงของต้นไม้ในป่าเต็งรังขณะผลัดใบ จะไม่ปรากฏค่าการสะท้อนแสงของพืชพรรณชัดเจน

6.2 ควรมีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี (Radiometric Correction) ก่อนที่จะนำข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชตมาสร้างดัชนีพืชพรรณรูปแบบต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

กรมป่าไม้. (2558). **รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการจัดทำข้อมูลสภาพพื้นที่ป่าไม้ ปี พ.ศ. 2556 – 2557.** กรุงเทพฯ:สำนักที่ดินป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

Dale, M. (1998). **Management of Forests as Ecosystems: A Success Story or a Challenge Ahead?** In *Success, Limitations and Frontiers in Ecosystem Science*. Springer-Verlag.

Franklin, S. E. (2001) **Remote Sensing for Sustainable Forest Management.** CRC Press LLC.

Gausmann, H. 1977. Reflectance of Leaf Components. **Remote Sensing of Environment, 6** (1-9).

Gupta, R. P. (2003). **Remote Sensing Geology.** Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Kriegler, F. J., W. A. Malila, R. F. Nalepka and W. Richardson. (1969). **Preprocessing Transformations and Their Effects on Multispectral Recognition**. In Proceedings of the Sixth International Symposium on Remote Sensing of Environmental. (97-131).

Lillesand, T. M. and R. W. Kiefer. (1994). **Remote Sensing and Image Interpretation.** John Wiley & Sons, Inc.

Lillesand, T. M., R. W. Kiefer and J. W. Chipman. (2004). **Remote Sensing and Image Interpretation**. John Wiley & Sons, Inc.

Richards, J. A. and X. Jia. (1999). **Remote Sensing Digital Image Analysis**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Tucker, C. J. (1979). Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation. **Remote Sensing of Environment, 8** (127-150).

การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ด้วยแบบจำลอง CA-MARKOV อำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ต

Land Use Changes Prediction using CA-MARKOV Model in Kathu District, Phuket Province

นัสรี มิงซู, รวี รัตนาคมและ สิริวรรณ รวมแก้ว

NasreeMingsu, RaweeRattanakom and SiriwanRuamkaew

ศูนย์วิจัยและนวัตกรรมสิ่งแวดล้อมอันดามันคณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต

โทรศัพท์: +66-82-264-0986, +66-76-276-491, +66-76-276-495

E-mail: mingsu_91@hotmail.com, rawee.r@phuket.psu.ac.th, siriwan.ru@phuket.psu.ac.th

บทคัดย่อ

อำเภอกะทู้เป็นแหล่งเศรษฐกิจและการท่องเที่ยวที่สำคัญของจังหวัดภูเก็ต ทำให้มีประชากรจำนวนมากเข้ามาอาศัย ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างรวดเร็ว การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงและคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต โดยจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินปีพ.ศ. 2538, 2545 และ 2557 ด้วยวิธีการแปลตีความด้วยสายตาและนำผลที่ได้ไปคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปีพ.ศ. 2569 ด้วยแบบจำลอง CA-MARKOVตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง โดยเปรียบเทียบกับการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากการจำแนกปีพ.ศ. 2557 โดยผลการศึกษาพบว่า ความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสัมประสิทธิ์แคปปาของปีพ.ศ. 2557 เท่ากับ ร้อยละ 90.14 และ0.87 ตามลำดับ ในขณะที่ความถูกต้องโดยรวมของแบบจำลองและสัมประสิทธิ์แคปปา เท่ากับ ร้อยละ 74.05และ 0.64 ตามลำดับ โดยพบว่าพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีพื้นที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่พื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่ลดลง เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่รุกล้ำพื้นที่ป่าไม้ โดยเฉพาะการทำสวนยางพารา และการสร้างสิ่งก่อสร้างต่างๆ สรุปได้ว่า การประยุกต์ใช้ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และแบบจำลอง CA-MARKOVสามารถนำมาคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตสำหรับวางแผนและจัดการทรัพยากรที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน, แบบจำลอง CA-MARKOV, เซลลูลาร์ออโตมาตา, การรับรู้จากระยะไกล, ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ABSTRACT

Kathu district is the main economic and tourism location of Phuket, Thailand. A lot of population makes several changes, especially spatial dynamics. The main objectives are to investigate land use changes and predict land use change in the future. In this study, visual interpretation was used to classify land use data in 1995, 2002 and 2014. The result of classification was used to predict land use in 2026 with CA-MARKOV model. The predictive accuracy assessment was compared with land use classification in 2014. The result showed that overall accuracy and kappa coefficient of land use classification in 2014 were 90.14% and 0.87, respectively. Meanwhile, overall accuracy and kappa coefficient of predictive land use were 74.05% and 0.64, respectively. It was found that urban and built-up land was increased, while the forest landwas decreased. It caused by human activities encroach forest land. Especially for rubber plantation and establish buildings.In conclusion, application of remotely sensed data, GIS and CA-MARKOV models can be used to simulate and predict the land use change for effective planning and management of land resources.

KEY WORDS: Land Use Prediction, CA-MARKOV Models, Cellular Automata, Remote Sensing, Geographic Information Systems

1.บทนำ

จังหวัดภูเก็ตเป็นจังหวัดที่มีความสวยงามของภูมิทัศน์ มีสถานที่ท่องเที่ยวที่หลากหลายทั้งทางบกและทางทะเลจึงเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญของประเทศไทยในแต่ละปีมีจำนวนนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศเดินทางมาท่องเที่ยวและมาพักผ่อนเป็นจำนวนมาก เพื่อที่จะทำการรองรับนักท่องเที่ยวเหล่านี้ทำให้ต้องมีการพัฒนาของ ตัวเมืองอย่างรวดเร็วเพื่อตอบสนองความต้องการของนักท่องเที่ยว ไม่ว่าจะเป็นที่อยู่อาศัย โรงแรม ห้างสรรพสินค้า เส้นทางคมนาคม เป็นต้น ทำให้มีการอพยพของประชากรจากต่างถิ่นเข้ามาอาศัยอยู่เพื่อประกอบกิจกรรมทางด้านเศรษฐกิจในตัวเมืองอย่างต่อเนื่องเกิดการขยายตัวของชุมชนในเขตเมืองและตามแหล่งท่องเที่ยว ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างรวดเร็วจากสถิติของสำนักงานสถิติแห่งชาติปี พ.ศ.2553 พบว่าในปี พ.ศ. 2553 จังหวัดภูเก็ตมีจำนวนเคหะบุคคลทั้งหมด 163,057 แห่ง เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2543 จำนวน 92,574 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 56.80 (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2553) ผลจากการขยายตัวของเมืองที่ไม่มีการวางแผนมาก่อนก่อให้เกิดปัญหาเช่น เกิดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม การรุกล้ำพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เกษตรกรรม ปัญหาการจราจร การขาดแคลนสาธารณูปโภค เกิดชุมชนแออัด การขาดแคลนที่พักผ่อน ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของคนที่อยู่อาศัยในเมือง(พันธุดา สองทิศ, 2545)อำเภอกะทู้เป็นหนึ่งในอำเภอที่เป็นแหล่งเศรษฐกิจและการท่องเที่ยวที่สำคัญของจังหวัดภูเก็ต เนื่องจากมีสถานที่ท่องเที่ยวที่สำคัญ เช่น หาดป่าตอง หาดกมลา หาดกะหลิม และ สถานที่ท่องเที่ยวอื่นๆ ทำให้มีกิจกรรมทางเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง มีการเพิ่มขึ้นของเกสต์เฮ้าส์โรงแรม รีสอร์ทและห้างสรรพสินค้าส่งผลให้อำเภอกะทู้มีการขยายตัวของเมืองอย่างรวดเร็ว

ปัญหาการขยายตัวของเมืองส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทำให้เกิดการใช้พื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในพื้นที่นั้นๆ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมตามมาการติดตามการเปลี่ยนแปลงและคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตจึงมีความจำเป็นเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการวางแผนและจัดการการใช้ทรัพยากรที่ดินให้เหมาะสมกับศักยภาพของพื้นที่ การประยุกต์ใช้ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems)ทำให้สามารถศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละช่วงเวลาได้อย่างต่อเนื่องและทันต่อเหตุการณ์ เมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับแบบจำลอง CA-MARKOV(Cellular Automata-Markov Chain) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญในการพยากรณ์และคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่จะเกิดขึ้นในอนาคตแบบจำลอง CA-MARKOV เป็นการนำหลักการของแบบจำลองมาร์คอฟ(Markov Model) และ แบบจำลองเซลลูลาร์ออโตมาตา (Cellular Automata) มาใช้ร่วมกันโดยอาศัยโปรแกรมประมวลผลข้อมูลทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Ponitus, 2000)โดยให้ผลลัพธ์ทั้งในเชิงพื้นที่และเวลาที่เกิดการเปลี่ยนแปลง สามารถบอกทิศทาง ขนาด ตำแหน่งและเวลาของการเปลี่ยนแปลงได้(Sang, et al., 2010)ปัจจุบันมีงานวิจัยที่นำแบบจำลอง CA-MARKOV มาใช้ในการศึกษาและคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินกันอย่างแพร่หลาย (Sang, et al., 2010; Yang, et al., 2014;Subedi et al., 2013 and Halmy, et al., 2015) รวมทั้งประเทศไทยมีการนำแบบจำลอง CA-MARKOV มาประยุกต์ใช้ในหลายด้าน เช่น การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการขยายตัวของเมือง (ฐานิตย์ วงศ์วิเศษ, 2548; Ongsomwang and Saravisutra, 2011; พิชณะ คงยั่งยืน, 2558; สุพิชชา ภมรจันทรมัสและคณะ, 2558)
การศึกษาครั้งนี้จึงได้นำข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้ร่วมกับแบบจำลอง CA-MARKOVเพื่อศึกษารูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินและคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตของอำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ตสำหรับใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องใช้ในการวางแผนและจัดการทรัพยากรที่ดินให้สอดคล้องกับศักยภาพของที่ดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปีพ.ศ. 2538, 2545 และ 2557

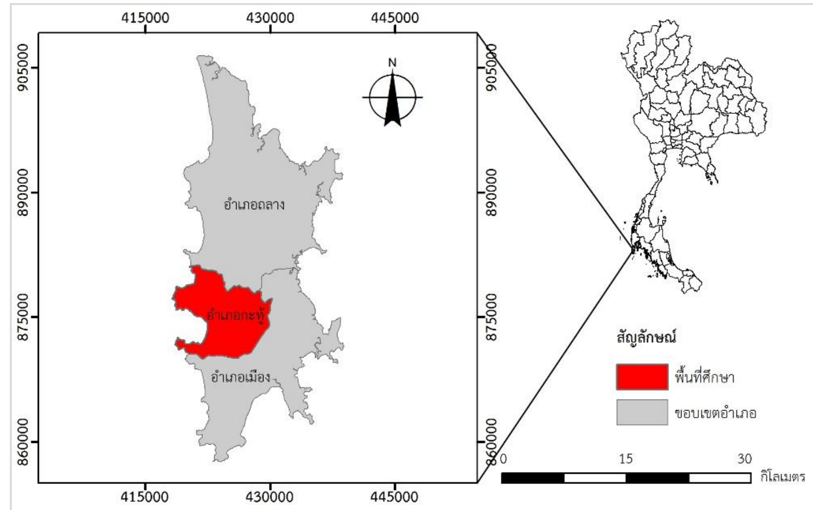
2.2 เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปีพ.ศ. 2569 โดยใช้แบบจำลอง CA-MARKOV

3. พื้นที่ศึกษาและข้อมูล

3.1 พื้นที่ศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดพื้นที่ศึกษา คือ อำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ต (รูปที่ 1)มีขนาดพื้นที่ประมาณ 79.57 ตารางกิโลเมตร อยู่ติดกับชายฝั่งทะเลอันดามันทางด้านตะวันตกของเกาะภูเก็ตซึ่งมีแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญของเกาะภูเก็ตโดยเฉพาะหาดป่าตอง

หาดกมลา และภูเก็ตแฟนตาซี เป็นต้น ประชากรส่วนใหญ่ในพื้นที่ประกอบอาชีพค้าขาย ร้านค้า โรงแรม และธุรกิจการท่องเที่ยวต่างๆ



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา อำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ต

3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย

3.2.1 ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ(ขาว-ดำ) ปีพ.ศ.2538ของกรมแผนที่ทหารมาตราส่วน 1:15,000

3.2.2 ภาพถ่ายออร์โธสีปี พ.ศ.2545ของกรมพัฒนาที่ดินมาตราส่วน 1:4,000

3.2.3 ภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชติ(THEOS)แบบ Pan-sharped ปีพ.ศ.2557ของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ความละเอียดเชิงพื้นที่ 2x2 เมตร

4. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

4.1 แบบจำลองมาร์คอฟ (Markov Model) เป็นกระบวนการที่มีการเคลื่อนจากสภาพหนึ่งไปเป็นอีกสภาพหนึ่ง โดยประยุกต์เอาทฤษฎีความน่าจะเป็นมาใช้เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของสถานการณ์จากช่วงเวลาหนึ่งไปยังอีกช่วงเวลาหนึ่ง (Balzter, 2000)แบบจำลองมาร์คอฟเป็นการทำนายสถานะของระบบ ณ เวลาถัดไป ($t+1$) โดยจะต้องรู้ถึงสถานะของระบบในช่วงเวลา (t) ซึ่งหลักของแบบจำลองมาร์คอฟ คือ การใช้ค่าความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง (Transition ProbabilityMatrix: P) (สมการที่ 1) อันเป็นผลสรุปของความน่าจะเป็นที่จุดภาพของการใช้ประโยชน์ที่ดิน1ประเภทหนึ่ง (i)ณ ช่วงเวลาหนึ่ง (t) เปลี่ยนไปเป็นการใช้ที่ดินประเภทอื่น (j)เมื่อเวลาเปลี่ยนไปช่วงเวลาหนึ่ง ($t+1$) โดย$Pr(X_t = j|X_s = i) = p_{ij}(s,t)$เมื่อ $r = t-s$, $0 \le s < t$, $1 \le i,j \le k$ผลรวมของความน่าจะเป็นจะมีค่าเท่ากับ 1(Balzter, 2000)

$$\boldsymbol{P} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{P_{11}} & \boldsymbol{P_{12}} & \dots & \boldsymbol{P_{1k}} \\ \boldsymbol{P_{21}} & \boldsymbol{P_{22}} & \dots & \boldsymbol{P_{2k}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \boldsymbol{P_{k1}} & \boldsymbol{P_{k2}} & \dots & \boldsymbol{P_{kk}} \end{bmatrix} \qquad (1)$$

เมื่อ P คือ โอกาสของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

K คือ ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

4.2 แบบจำลองเซลลูลาร์ออโตมาตา (Cellular Automata) เซลลูลาร์ออโตมาตา คือ เซลล์ย่อยๆ ที่อยู่รวมกันสามารถเปลี่ยนรูปแบบได้ซึ่งในแต่ละเซลล์จะแทนด้วยตัวเลขที่แสดงสถานะของเซลล์นั้นๆและมีเวลากำกับในแต่ละเซลล์ โดยจะถูกควบคุมการทำงานด้วยกฎการเปลี่ยนแปลง (Transition Rules) ซึ่งเป็นส่วนที่กำหนดลักษณะการทิศทางการเปลี่ยนแปลง รูปแบบของเซลล์ใหม่จะถูกกำหนดโดยเซลล์รอบข้าง(Singh, 2003)แบบจำลองเซลลูลาร์ออโตมาตามีลักษณะ

โครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน ง่ายต่อการเข้าใจ สามารถแสดงความเป็นพลวัตในเรื่องของเวลาได้ชัดเจน (Wagner, 1997) การคาดการณ์ตามหลักเซลลูลาร์ออโตมาตาใช้กฎการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับแบบจำลองมาร์คอฟแตกต่างกันตรงที่เซลลูลาร์ออโตมาตาคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงโดยใช้โอกาสของการเปลี่ยนแปลงร่วมกับข้อมูลของพื้นที่แวดล้อม และสามารถแสดงผลลัพธ์ในรูปของแผนที่หรือแบบจำลองได้(ฐานิตย์ วงศ์วิเศษ, 2548)

4.3 แบบจำลอง CA-MARKOVเป็นแบบจำลองที่นำหลักการของแบบจำลองเซลลูลาร์ออโตมาตา และแบบจำลองมาร์คอฟมาประยุกต์ใช้ร่วมกันในการคาดการณ์รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยโปรแกรมประมวลผลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์(Pontius, 2000)กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลของ CA-MARKOVจะใช้ข้อมูลสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลง (Transition Area) ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองมาร์คอฟ ร่วมกับ CA Filter ของพื้นที่แวดล้อมที่อยู่ติดกัน (ขนาด 5X5 Neighborhood) กระบวนการพิจารณาเริ่มและทำการวนซ้ำจนครบจำนวนรอบที่กำหนดการเปลี่ยนแปลงหรือคงสภาพเดิมของพื้นที่ขึ้นอยู่กับประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่โดยรอบตามทฤษฎี “The Game of Life” ร่วมกับสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองมาร์คอฟซึ่งผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้จะแสดงเป็นแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ฐานิตย์ วงศ์วิเศษ, 2548)

5. วิธีการศึกษา

5.1 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

นำข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศปี พ.ศ. 2538 ภาพถ่ายออร์โธสี ปี พ.ศ. 2545 และภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชติปี พ.ศ. 2557 มาทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction) ด้วยวิธีการ Image to Image โดยกำหนดจุดควบคุมค่าพิกัดภาคพื้นดินของข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชติจากภาพถ่ายออร์โธสีจากนั้นทำการปรับขนาดภาพ (Resample) ของภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายออร์โธสีให้มีขนาด 2x2 เมตร ตามความละเอียดของข้อมูลภาพที่หยาบที่สุด ทำการจำแนกข้อมูลภาพด้วยวิธีการแปลตีความด้วยสายตา (Visual Interpretation) โดยพิจารณาจากองค์ประกอบของการแปลตีความด้วยสายตา ประกอบด้วย รูปร่าง(Shape)ขนาด (Size) รูปแบบ (Pattern) ความเข้มของสีและสี (Tone and Color) เนื้อภาพ (Texture) เงา (Shadow) ตำแหน่งที่ตั้ง (Site) และ ความเกี่ยวพัน (Association)(Jensen, 2005) ทำการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 8 ประเภท ประกอบด้วย1) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง ได้แก่พื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้างทุกประเภท รวมทั้ง ย่านการค้า ที่อยู่อาศัย สถานที่ราชการและสถาบันเส้นทางคมนาคม สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ รีสอร์ท และสนามกอล์ฟ2) มะพร้าว3) ปาล์มน้ำมัน4) ยางพารา5) พื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆ ได้แก่พื้นที่นาพืชไร่ พืชสวน ไม้ผลและไม้ยืนต้น6) พื้นที่ป่าไม้ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ธรรมชาติและป่าปลูก 7) พื้นที่น้ำได้แก่ พื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้น และ8) พื้นที่เบ็ดเตล็ดเช่น พื้นที่โล่ง ไม้ละเมาะ พื้นที่ลุ่มชื้นแฉะ พื้นที่น้ำขัง เหมืองที่พื้นหินโผล่ พื้นที่ถม และหาดทราย เป็นต้น

ตรวจสอบค่าความถูกต้องของผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินปีพ.ศ. 2557 ด้วยข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามปี พ.ศ. 2558 โดยใช้วิธีการคำนวณเมตริกซ์ความผิดพลาด (Error Matrix) โดยคำนวณค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient)

5.2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 3 ปีมาตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงด้วยวิธีการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูล 2 ช่วงเวลา(Post Classification Comparison Method) โดยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง2ช่วงเวลา ได้แก่ ระหว่าง ปีพ.ศ.2538-2545 และระหว่าง ปี พ.ศ. 2545-2557จากนั้นคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินในระหว่างช่วงเวลา โดยคำนวณจากสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในแต่ละการใช้ประโยชน์ที่ดิน สำหรับร้อยละของการเปลี่ยนแปลงสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 2

ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ = (พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง/จำนวนพื้นที่ทั้งหมด) X 100 (2)

5.3 การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2569

ขั้นตอนการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินแบ่งออกเป็ 2 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การตรวจสอบค่าความถูกต้องของแบบจำลอง CA-MARKOVและ 2) การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอำเภอกะทู้ ปี พ.ศ. 2569(รูปที่ 2)

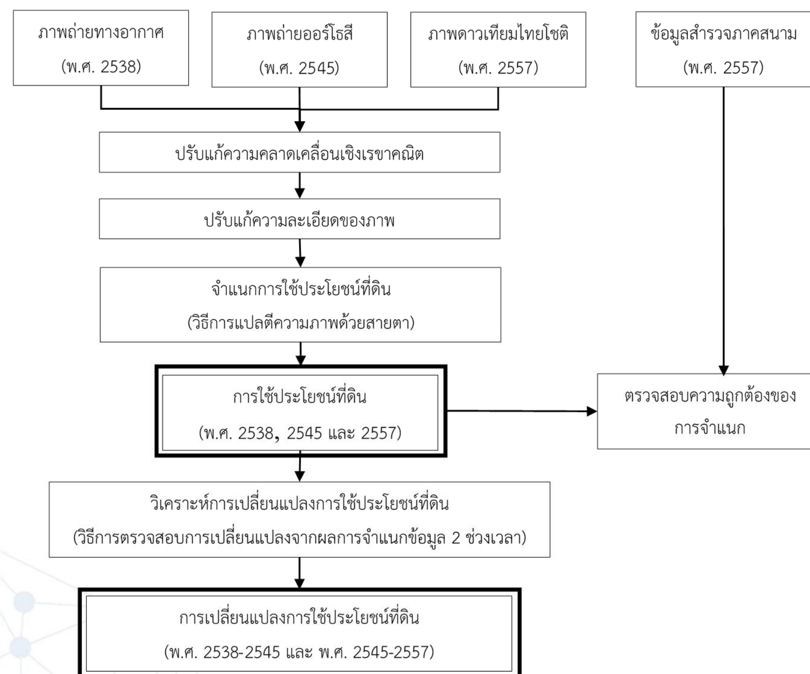
5.3.1 การตรวจสอบค่าความถูกต้องของแบบจำลอง CA-MARKOV

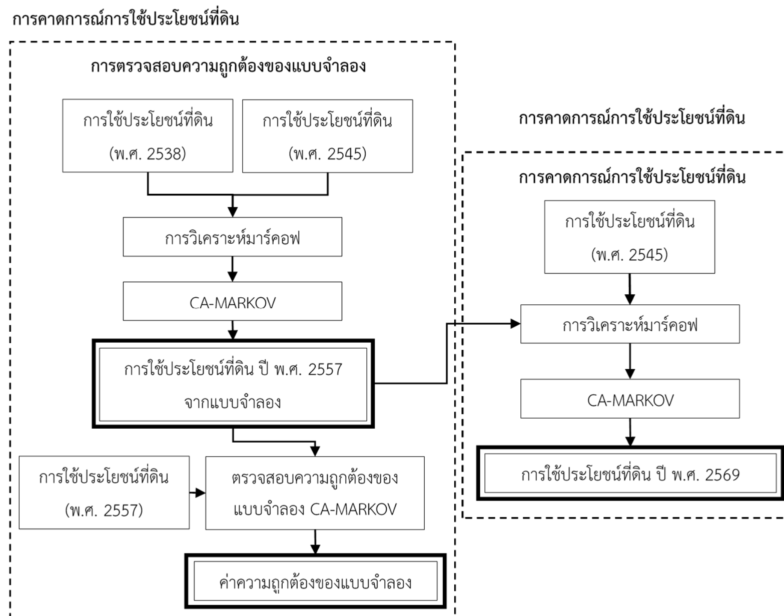
นำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2538และ 2547 มาคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2557 ด้วยแบบจำลองมาร์คอฟ ผลลัพธ์ที่ได้ คือ ค่าความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง(Transition Probability) และค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลง (Transition Area) จากนั้นนำสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงและแผนที่ความเหมาะสมของการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Transition SuitabilityMap) มาคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2557 ด้วยแบบจำลองเซลลูลาร์ออโตมาตากำหนดค่าน้ำหนัก(Weight) โดยใช้สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ที่มากที่สุดเป็นเกณฑ์ (Assign Relative Frequency) สัดส่วนของความถี่ทำการตรวจสอบค่าความถูกต้องของแบบจำลองCA-MARKOVด้วยการนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2557 ที่ได้จากการคาดการณ์ด้วยแบบจำลอง CA-MARKOVมาเปรียบเทียบกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2557 ที่ได้จากการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธีการแปลตีความด้วยสายตา โดยใช้ค่าความถูกต้องโดยรวม และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาที่ได้จากเมตริกซ์ความผิดพลาด

5.3.2 การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2569

นำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2545ที่ได้จากการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธีการแปลตีความด้วยสายตา และข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2557 ที่ได้จากการคาดการณ์ด้วยแบบจำลอง CA-MARKOVมาหาค่าความน่าจะเป็นและค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงด้วยแบบจำลองมาร์คอฟ และนำค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงและแผนที่ความเหมาะสมการใช้ประโยชน์ที่ดินมาคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2569 ด้วยแบบจำลองเซลลูลาร์ออโตมาตากำหนดค่าน้ำหนัก (Weight) โดยใช้สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ที่มากที่สุดเป็นเกณฑ์ (Assign Relative Frequency)

คำนวณพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทในปี พ.ศ. 2569 และวิเคราะห์รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ ปี พ.ศ.2557-2569



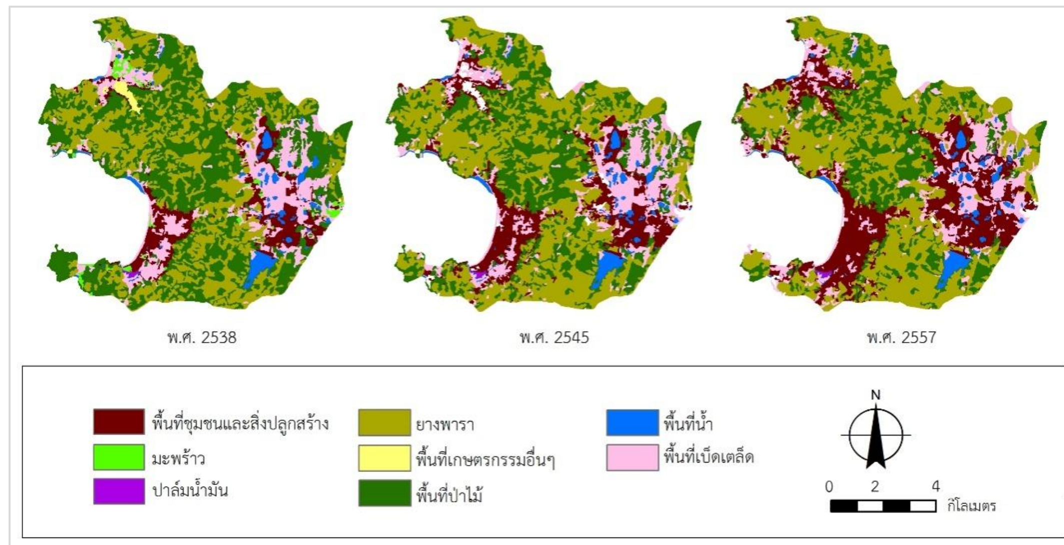


รูปที่ 2ขั้นตอนการศึกษา

6 ผลการศึกษา

6.1 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ผลการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปีพ.ศ.2538, 2545 และ 2557 อำเภอกะทู้ ครอบคลุมพื้นที่ 79.57 ตารางกิโลเมตร ทำการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 8 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง มะพร้าว ปาล์มน้ำมัน ยางพารา พื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่น้ำ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด (รูปที่ 3)พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2538 มีพื้นที่ป่าไม้ครอบคลุมพื้นที่มากที่สุด 31.59ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 39.70 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาคือ ยางพารา พื้นที่เบ็ดเตล็ด และ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง มีพื้นที่ 25.35, 11.78 และ 6.69ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 31.86, 14.81 และ 8.41ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับ ในขณะที่มะพร้าว ปาล์มน้ำมัน พื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆ และพื้นที่น้ำ มีพื้นที่รวมกันเท่ากับ 4.15ตารางกิโลเมตรคิดเป็นร้อยละ 5.22ของพื้นที่ทั้งหมดการใช้ประโยชน์ที่ดินปีพ.ศ. 2545 พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่คือยางพาราครอบคลุมพื้นที่30.86 ตารางกิโลเมตรคิดเป็นร้อยละ 38.78 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาคือ พื้นที่ป่าไม้พื้นที่เบ็ดเตล็ด และพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง มีพื้นที่ 22.52,11.75 และ 10.68ตารางกิโลเมตรคิดเป็นร้อยละ 28.31, 14.77 และ 13.43ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับในขณะที่มะพร้าว ปาล์มน้ำมัน พื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆ และพื้นที่น้ำ มีพื้นที่รวมกันเท่ากับ 3.75 ตารางกิโลเมตรคิดเป็นร้อยละ 4.72 ของพื้นที่ทั้งหมดและในปีพ.ศ.2557 ยางพาราครอบคุลมพื้นที่มากที่สุด 31.03 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 39.00 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาคือ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างพื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด มีพื้นที่ 17.37, 16.95 และ 11.23 คิดเป็นร้อยละ 21.83,21.31 และ14.12 ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับ(ตารางที่ 1)



รูปที่ 3การใช้ประโยชน์ที่ดินในอำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ต ในปีพ.ศ. 2538, 2545 และ 2557

ตารางที่ 1การใช้ประโยชน์ที่ดินในอำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ต ในปี พ.ศ. 2538, 2545 และ2557

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	**ปี พ.ศ. 2538**		**ปี พ.ศ. 2545**		**ปี พ.ศ. 2557**	
	พื้นที่ (ตร.กม.)	**ร้อยละ**	**พื้นที่ (ตร.กม.)**	**ร้อยละ**	**พื้นที่ (ตร.กม.)**	**ร้อยละ**
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	6.69	8.41	10.68	13.43	17.37	21.83
มะพร้าว	1.10	1.39	0.82	1.03	0.48	0.60
ปาล์มน้ำมัน	0.08	0.10	0.08	0.10	0.08	0.10
ยางพารา	25.35	31.86	30.86	38.78	31.03	39.00
พื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆ	0.53	0.66	0.49	0.62	0.03	0.04
พื้นที่ป่าไม้	31.59	39.70	22.52	28.31	16.95	21.31
พื้นที่น้ำ	2.44	3.07	2.37	2.98	2.39	3.01
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	11.78	14.81	11.75	14.77	11.23	14.12
รวม (ตร.กม.)	**79.57**	**100.00**	**79.57**	**100.00**	**79.57**	**100.00**

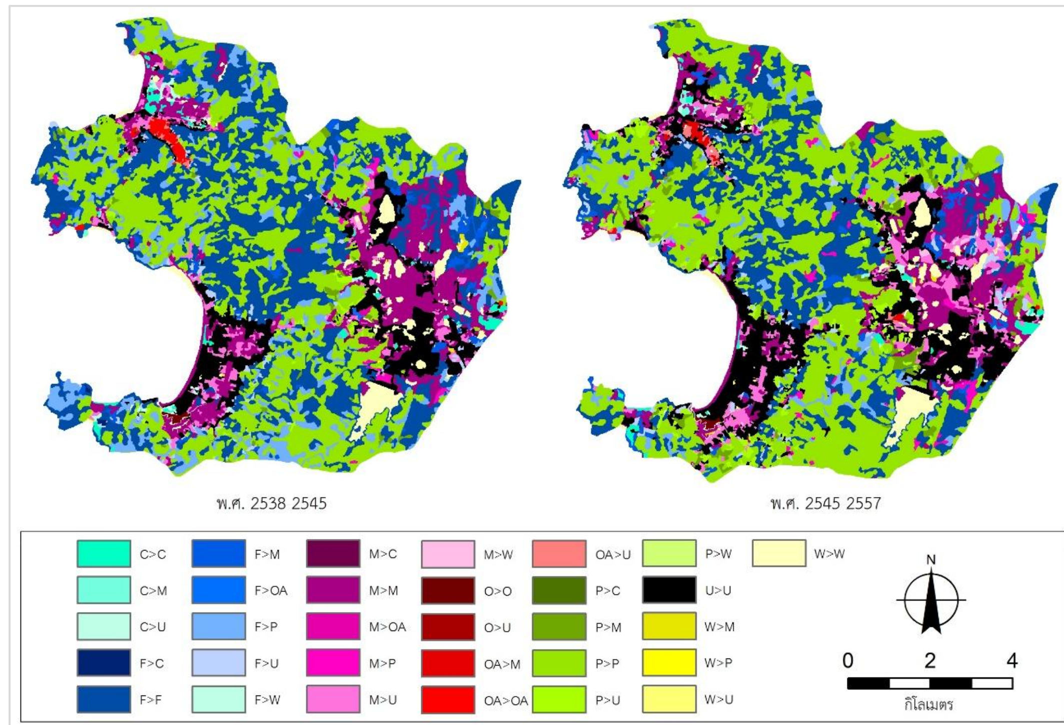
การตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2557 กับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามปี พ.ศ. 2558พบว่า มีค่าความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 90.14 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.87 ซึ่งถือว่าค่าความถูกต้องรวมของผลการจำแนกอยู่เกณฑ์ที่ยอมรับได้

6.2 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน อำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ต ระหว่าง ปี พ.ศ. 2538-2545 พบว่า ยางพาราและพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง มีพื้นที่เพิ่มขึ้นประมาณ5.50 และ 3.99ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 6.92 และ 5.02 ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นยางพารามากที่สุด คือ พื้นที่ป่าไม้ประมาณ 6.49 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมากที่สุด คือ พื้นที่เบ็ดเตล็ดประมาณ 2.16 ตารางกิโลเมตร ในขณะที่ มะพร้าว พื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่น้ำ และ พื้นที่เบ็ดเตล็ด มีพื้นที่ลดลง โดยพื้นที่ป่ามีการลดลงมากที่สุด ประมาณ 9.06ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 11.39 ของพื้นที่ทั้งหมด (รูปที่ 4ตารางที่ 2)

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2545-2557 พบว่า พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง ยางพารา และพื้นที่น้ำ มีพื้นที่เพิ่มขึ้น ประมาณ 6.68, 0.18 และ 0.20ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 8.40, 0.22 และ 0.03 ของพื้นที่

ทั้งหมด ตามลำดับ โดยพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมากที่สุด คือ พื้นเบ็ดเตล็ด ประมาณ 3.48 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นยางพารามากที่สุด คือ พื้นที่ป่าไม้ ประมาณ 2.58 ตารางกิโลเมตร ในขณะที่ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆ และ มะพร้าว มีพื้นที่ลดลง โดยพื้นที่ป่ายังคงมีการลดลงมากที่สุด ประมาณ 5.57 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 7.00 ของพื้นที่ทั้งหมด (รูปที่ 4ตารางที่ 3)



* U: พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง, C: มะพร้าว, O: ปาล์มน้ำมัน, P: ยางพารา, OA: พื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆ, F: พื้นที่ป่าไม้, W: พื้นที่น้ำ, M: พื้นที่เบ็ดเตล็ด

รูปที่ 4การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ต ระหว่างปีพ.ศ. 2538-2545 และ พ.ศ. 2545-2557

ตารางที่ 2การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ต ระหว่าง ปีพ.ศ. 2538-2545

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2545							
ปีพ.ศ. 2538	U	C	O	P	OA	F	W	M
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U)	6.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
มะพร้าว (C)	0.35	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
ปาล์มน้ำมัน (O)	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ยางพารา (P)	0.57	0.02	0.00	24.02	0.00	0.00	0.00	0.74
พื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆ (OA)	0.10	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.03
พื้นที่ป่าไม้ (F)	0.78	0.04	0.00	6.49	0.05	22.52	0.00	1.69
พื้นที่น้ำ (W)	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.30	0.11
พื้นที่เบ็ดเตล็ด (M)	2.16	0.06	0.00	0.34	0.04	0.00	0.06	9.12
พื้นที่รวม (ตร.กม.)	**10.68**	**0.82**	**0.08**	**30.86**	**0.49**	**22.52**	**2.37**	**11.75**
พื้นที่ที่เปลี่ยนแปลง (ตร.กม.)	**3.99**	**-0.29**	**0.00**	**5.50**	**-0.04**	**-9.06**	**-0.07**	**-0.03**
พื้นที่ที่เปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)	**5.02**	**-0.36**	**0.00**	**6.92**	**-0.05**	**-11.39**	**-0.09**	**-0.04**

ตารางที่ 3การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ต ระหว่างปีพ.ศ. 2545-2557

การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปีพ.ศ. 2545	การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2557							
	U	C	O	P	OA	F	W	M
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U)	10.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
มะพร้าว (C)	0.21	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13
ปาล์มน้ำมัน (O)	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ยางพารา (P)	1.53	0.00	0.00	27.52	0.00	0.00	0.00	1.80
พื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆ (OA)	0.20	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.03	0.22
พื้นที่ป่าไม้ (F)	1.17	0.00	0.00	2.58	0.00	16.95	0.00	1.82
พื้นที่น้ำ (W)	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.19	0.08
พื้นที่เบ็ดเตล็ด (M)	3.48	0.00	0.00	0.93	0.00	0.00	0.17	7.18
พื้นที่รวม (ตร.กม.)	**17.37**	**0.48**	**0.08**	**31.03**	**0.03**	**16.95**	**2.39**	**11.23**
พื้นที่ที่เปลี่ยนแปลง (ตร.กม.)	**6.68**	**-0.34**	**0.00**	**0.18**	**-0.46**	**-5.57**	**0.03**	**-0.52**
พื้นที่ที่เปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)	**8.40**	**-0.43**	**0.00**	**0.22**	**-0.58**	**-7.00**	**0.03**	**-0.65**

6.3การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

6.3.1 ความถูกต้องของแบบจำลอง CA-MARKOV

จากการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2557ด้วยแบบจำลองมาร์คอฟโดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปีพ.ศ. 2538 และ 2545 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์คือ ค่าความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงและค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลง(ตารางที่ 4 และ 5) และนำค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงมาคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2557ด้วยแบบจำลอง CA-MARKOV (รูปที่ 5) พบว่า ยางพาราครอบคลุมพื้นที่มากที่สุด35.71ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 44.89ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาคือ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เบ็ดเตล็ดมีพื้นที่ 17.04, 12.63 และ 11.01 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 21.42, 15.87 และ 13.84 ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับ ในขณะที่ พื้นที่น้ำ มะพร้าว พื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆ และปาล์มน้ำมันมีพื้นที่รวมกันเท่ากับ 3.17 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 3.99 ของพื้นที่ทั้งหมด (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 4ค่าความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงระหว่างปีพ.ศ. 2538 และ 2545

การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปีพ.ศ. 2538	การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2545							
	U	C	O	P	OA	F	W	M
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U)	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
มะพร้าว (C)	0.4795	0.4507	0.0000	0.0009	0.0001	0.0000	0.0002	0.0686
ปาล์มน้ำมัน (O)	0.0721	0.0000	0.9279	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ยางพารา (P)	0.0414	0.0012	0.0000	0.9118	0.0001	0.0000	0.0002	0.0454
พื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆ (OA)	0.3043	0.0002	0.0000	0.0011	0.6033	0.0000	0.0002	0.0909
พื้นที่ป่าไม้ (F)	0.0470	0.0021	0.0000	0.3113	0.0025	0.5579	0.0004	0.0789
พื้นที่น้ำ (W)	0.0233	0.0001	0.0000	0.0037	0.0001	0.0000	0.9061	0.0668
พื้นที่เบ็ดเตล็ด (M)	0.2913	0.0067	0.0000	0.0448	0.0054	0.0000	0.0075	0.6444

ตารางที่ 5ค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงระหว่างปี พ.ศ. 2538 และ 2545

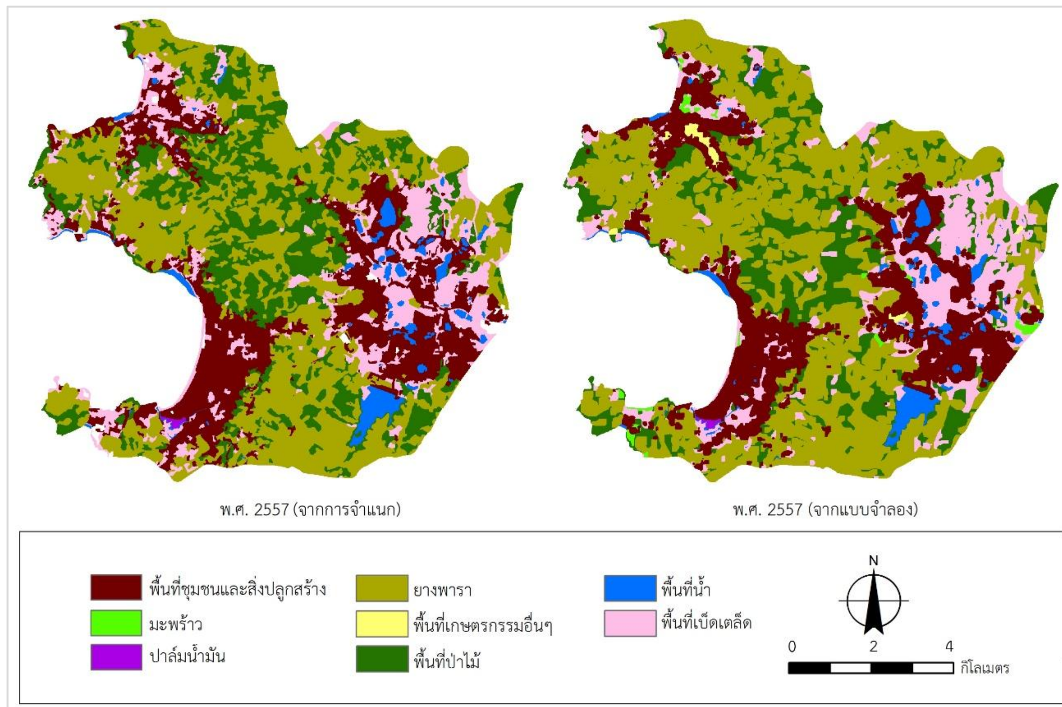
การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2538	การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2545								
	U	C	O	P	OA	F	W	M	รวม (ตร.กม.)
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U)	10.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.68
มะพร้าว (C)	0.39	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.82
ปาล์มน้ำมัน (O)	0.01	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
ยางพารา (P)	1.28	0.04	0.00	28.13	0.00	0.00	0.00	1.40	30.86
พื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆ (OA)	0.15	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.04	0.49
พื้นที่ป่าไม้ (F)	1.06	0.05	0.00	7.01	0.06	12.56	0.01	1.78	22.52
พื้นที่น้ำ (W)	0.06	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	2.14	0.16	2.37
พื้นที่เบ็ดเตล็ด (M)	3.42	0.08	0.00	0.53	0.06	0.00	0.09	7.57	11.75
รวม (ตร.กม.)	**17.04**	**0.53**	**0.07**	**35.68**	**0.42**	**12.56**	**2.25**	**11.01**	**79.57**

เมื่อนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2557 ที่ได้จากการคาดการณ์ด้วยแบบจำลอง CA-MARKOV กับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2557 ที่ได้จากการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธีการแปลตีความด้วยสายตามาเปรียบเทียบกัน พบว่ายางพารามีพื้นที่ที่ต่างกันมากที่สุด 4.68ตารางกิโลเมตร รองลงมาคือ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่น้ำ มะพร้าวและ ปาล์มน้ำมันมีพื้นที่ที่ต่างกัน4.32,0.34,0.33,0.22,0.15, 0.01และ 0.01ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ(ตารางที่ 6)

ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง พบว่า มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 74.05 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา เท่ากับ0.64ซึ่งถือว่าผลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยแบบจำลองCA-MARKOV มีความถูกต้องที่อยู่ในระดับที่ยอมรับได้

ตารางที่ 6เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากการจำแนกและจากแบบจำลอง

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ (ตร.กม.)		
	ปี พ.ศ. 2557 (จำแนก)	ปี พ.ศ. 2557 (แบบจำลอง)	ค่าความแตกต่าง
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	17.37	17.04	0.33
มะพร้าว	0.48	0.49	0.01
ปาล์มน้ำมัน	0.08	0.07	0.01
ยางพารา	31.03	35.71	4.68
พื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆ	0.03	0.37	0.34
พื้นที่ป่าไม้	16.95	12.63	4.32
พื้นที่น้ำ	2.39	2.24	0.15
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	11.23	11.01	0.22
รวม(ตร.กม.)	**79.57**	**79.57**	**10.06**



รูปที่ 5เปรียบเทียบรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2557ที่ได้จากการจำแนกและจากแบบจำลอง

6.3.2 การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน

ผลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน อำเภอกะทู้ในอีก 12 ปีข้างหน้า โดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2545 ที่ได้จากการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยการแปลตีความด้วยสายตาและข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2557ที่ได้จากการคาดการณ์ด้วยแบบจำลองCA-MARKOV ผลที่ได้จากการวิเคราะห์คือ ค่าความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงและค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลง (ตารางที่ 7 และตารางที่ 8) และนำค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงมาคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2569 ด้วยแบบจำลอง CA-MARKOV (รูปที่ 6) พบว่าพารายังคงครอบคลุมพื้นที่มากที่สุด 37.30ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 46.88ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาคือ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่ป่าไม้ มีพื้นที่ 22.68, 9.78 และ 7.11ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 28.50, 12.29 และ 8.93ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 7ค่าความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงระหว่างปีพ.ศ.2545-2557

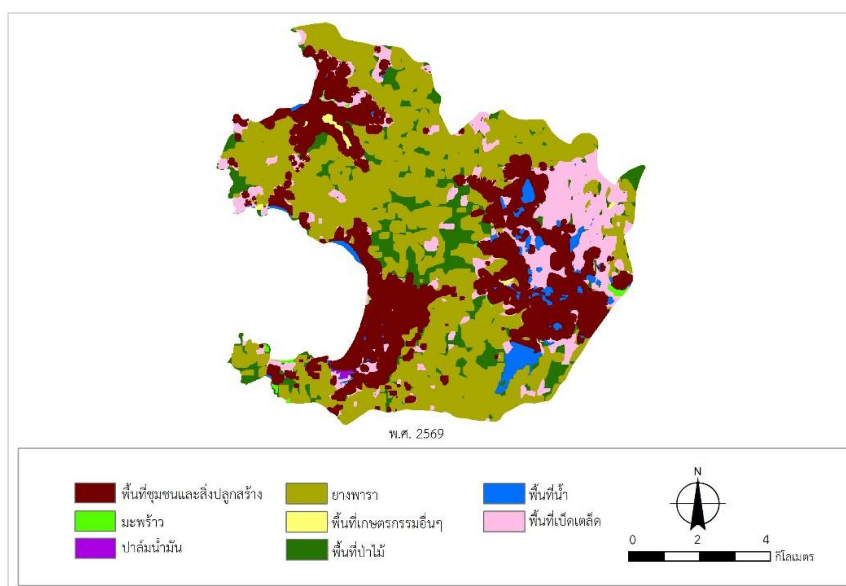
การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2545	**การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2557**							
	U	C	O	P	OA	F	W	M
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U)	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
มะพร้าว (C)	0.4746	0.5254	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ปาล์มน้ำมัน (O)	0.0727	0.0000	0.9273	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ยางพารา (P)	0.0385	0.0000	0.0000	0.9381	0.0000	0.0000	0.0000	0.0234
พื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆ (OA)	0.2896	0.0000	0.0000	0.0000	0.7104	0.0000	0.0000	0.0000
พื้นที่ป่าไม้ (F)	0.0508	0.0018	0.0000	0.3005	0.0002	0.5607	0.0000	0.0859
พื้นที่น้ำ (W)	0.0227	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.9470	0.0302
พื้นที่เบ็ดเตล็ด (M)	0.2926	0.0016	0.0000	0.0000	0.0009	0.0000	0.0000	0.7048

ตารางที่ 8ค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงระหว่างปี พ.ศ. 2545-2557

การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2545	การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2557								
	U	C	O	P	OA	F	W	M	รวม (ตร.กม.)
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U)	17.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.04
มะพร้าว (C)	0.23	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49
ปาล์มน้ำมัน (O)	0.01	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
ยางพารา (P)	1.37	0.00	0.00	33.50	0.00	0.00	0.00	0.84	35.71
พื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆ (OA)	0.11	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.37
พื้นที่ป่าไม้ (F)	0.64	0.02	0.00	3.80	0.00	7.08	0.00	1.08	12.63
พื้นที่น้ำ (W)	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.12	0.07	2.24
พื้นที่เบ็ดเตล็ด (M)	3.22	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	7.76	11.01
รวม (ตร.กม.)	**22.68**	**0.30**	**0.07**	**37.30**	**0.27**	**7.08**	**2.12**	**9.75**	**79.57**

ตารางที่ 9การใช้ประโยชน์ที่ดินในอำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ตปี พ.ศ. 2569

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	22.68	28.50
มะพร้าว	0.26	0.33
ปาล์มน้ำมัน	0.07	0.08
ยางพารา	37.30	46.88
พื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆ	0.26	0.33
พื้นที่ป่าไม้	7.11	8.93
พื้นที่น้ำ	2.12	2.67
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	9.78	12.29
รวม(ตร.กม.)	**79.57**	**100.00**



รูปที่ 6การใช้ประโยชน์ที่ดินในอำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ตปีพ.ศ. 2569

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่าง ปี พ.ศ. 2557 ที่ได้จากการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยการแปลตีความด้วยสายตา กับ ปี พ.ศ. 2569 พบว่ายางพารา พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และ พื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆ มีพื้นที่เพิ่มขึ้น 6.27, 5.31 และ 0.23 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 7.88, 6.67 และ 0.29 ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับ พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นยางพารามากที่สุด คือ พื้นที่ป่าไม้ ประมาณ 8.23ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมากที่สุด คือ พื้นที่เบ็ดเตล็ด ประมาณ 4.40ตารางกิโลเมตร ในขณะที่พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่น้ำ มะพร้าว และ ปาล์มน้ำมัน มีพื้นที่ลดลง โดยพื้นที่ป่าไม้มีการลดลงมากที่สุดประมาณ 9.84 ตารางกิโลเมตร

7. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษาและคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ต ระหว่างปี พ.ศ. 2538-2569พบว่า รูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และ ยางพารามีพื้นที่เพิ่มขึ้นพื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆ มีพื้นที่ลดลงระหว่างปี พ.ศ. 2538-2557 แต่ระหว่าง ปี พ.ศ. 2557-2569 มีพื้นที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ มะพร้าว ปาล์มน้ำมัน พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่น้ำ และพื้นที่เบ็ดเตล็ดมีพื้นที่ลดลง(รูปที่ 7) การเพิ่มขึ้นของพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างส่วนใหญ่จะมาจากพื้นที่ปลูกยางพารา เนื่องจากจังหวัดภูเก็ตมีการเพิ่มขึ้นของจำนวนนักท่องเที่ยวและประชากรที่มาอยู่อาศัยเพื่อประกอบอาชีพ ทำให้มีการก่อสร้างสิ่งปลูกสร้างเพื่อรองรับการขยายตัวด้านการท่องเที่ยว ส่งผลต่อการขยายตัวของสิ่งปลูกสร้าง ในขณะเดียวกัน การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ปลูกยางพารา ส่วนใหญ่จะมาจากพื้นที่ป่าไม้ และแนวโน้มการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในอนาคตยังคงมีการลดลงอย่างต่อเนื่องดังนั้นการติดตามและคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะการนำแบบจำลอง CA-MARKOV มาใช้ เนื่องจากสามารถสะท้อนและประเมินสถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน รวมทั้งสถานการณ์ด้านทรัพยากรธรรมชาติ โดยเฉพาะทรัพยากรป่าไม้ในอนาคต เพื่อให้ทราบและตระหนักถึงความสำคัญและสามารถวางแผนการป้องกันผลกระทบที่จะตามมา



* U: พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง, C: มะพร้าว, O: ปาล์มน้ำมัน, P: ยางพารา, OA: พื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆ, F: พื้นที่ป่าไม้, W: พื้นที่น้ำ, M: พื้นที่เบ็ดเตล็ด

รูปที่ 7การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ต ระหว่างปี พ.ศ. 2538-2545, 2545-2557 และ 2557-2569

อย่างไรก็ตาม ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการศึกษาและคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินเพียงอย่างเดียวเท่านั้น หากมีการนำปัจจัยทางด้านด้านเศรษฐกิจและสังคมเข้ามาร่วมในการวิเคราะห์ด้วยจะทำให้แบบจำลองที่ได้มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ฐานิตย์ วงศ์วิเศษ. (2548). **แบบจำลองเพื่อศึกษาและคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณชายฝั่งทะเล อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต,สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พันธุดา สองทิศ. (2545). **แนวทางการจัดการเพื่อพัฒนาไปสู่ความเป็นเมืองน่าอยู่ : กรณีศึกษา เทศบาลตำบล หนองขาว อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี**, มหาวิทยาลัยเกริก, กรุงเทพฯ.

พิชณะ คงยั่งยืน, ณรงค์ พลีรักษ์ สุพรรณ,กาญจนสุธรรณ และแก้ว นวลฉวี. (2558). การติดตามการเปลี่ยนแปลง พื้นที่ปลูกยางพาราในจังหวัดจันทบุรี : หลักการการวิเคราะห์เชิงวัตถุภาพและแบบจำลอง. **วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร**, 10(1), 96-107.

สุพิชชา ภมรจันทรมัส, สุพรรณกาญจนสุธรรม, แก้ว นวลฉวีและ ณรงค์ พลีรักษ์. (2558). **การประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อคาดการณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า: กรณีศึกษา จังหวัดชลบุรี**. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 26(1).

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2553). **สำมะโนประชากรและเคหะ พ.ศ. 2553 จังหวัดภูเก็ต.**Retrievedพฤศจิกายน, 9, 2557, from http://stat.bora.dopa.go.th/stat/

Balzter, H. (2000). Markov chain models for vegetation dynamics. **Ecological Modeling**, 126 (2-3), 139-154.

Halmy, M. W. a., Gessler, P. E., Hicke, J. a., and Salem, B. B. (2015). Land use/land cover change detection and prediction in the north-western coastal desert of Egypt using Markov-CA. **Applied Geography**, 63, 101–112.

Jensen, J. R. (2005). **Introductory digital image processing**. 3rd. New Jersey: Prentice Hall.

Ongsomwang, S and Saravisutra, A. (2011). OPTIMUM PREDICTIVE MODEL FOR URBAN GROWTH PREDICTION. **Suranaree Journal of Science and Technology,** 18(2), 141-152.

Ponitus Jr, R.G. (2000). Quanitfication error versus location error in comparison of categorical maps. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. 66(8), 1011-1016.

Sang, L., Zhang, C., Yang, J., Zhu, D., and Yun, W. (2010). Simulation of land use spatial pattern of towns and villages based on CA–Markov model. **Mathematical and Computer Modelling**. 54, 938–943.

Singh, A.K. (2003). **Modeling Land Use Land Cover Changes Using Cellular Automata in A Geo-Spatial Environment.** Master Thesis in Geoinformatics, Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation, University of Twente.

Subedi, A., Subedi, K. and Thapa, B. (2013). Application of a Hybrid Cellular Automaton – Markov (CA-Markov) Model in Land-Use Change Prediction: A Case Study of Saddle Creek Drainage Basin, Florida. **Applied Ecology and Environmental Sciences,** 1(6), 126-132.

Wagner, D.F. (1997). Cellular automata and geographic information systems. **Environment and Planning**, 24 (2), 219-234.

Yang, X., Zheng, X.-Q., and Chen, R. (2014). A land use change model: Integrating landscape pattern indexes and Markov-CA. **Ecological Modelling**, 283, 1–7.

การใช้ภาพถ่ายทางอากาศศึกษาการตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจน และทำนายผลผลิตของข้าวโพดและฝ้าย

Using of aerial imagery to study corn and cotton respond to varying nitrogen rates and in-season yield prediction

ทศนัศว์ รัตนแก้ว

Totsanat Rattanakaew

กลุ่มวิเคราะห์สภาพการใช้ที่ดิน กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

โทรศัพท์ / โทรสาร 02-579-1440 e-mail: totsanat@yahoo.com

บทคัดย่อ

ปุ๋ยไนโตรเจนมีความจำเป็น และต้องการในปริมาณมากในการปลูกข้าวโพดและฝ้าย อย่างไรก็ตามปุ๋ยไนโตรเจนมีราคาแพง และสูญเสียจากดินได้ง่ายทั้งจากการชะล้างและการระเหย การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนหลากหลายอัตราในช่วงเวลาที่เหมาะสม ช่วยให้ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนได้ประสิทธิภาพสูงสุด เกษตรกรได้รับผลตอบแทนที่เหมาะสม และลดผลเสียต่อสภาพแวดล้อมตามหลักการของเกษตรกรรมแบบแม่นยำ (Precision Agriculture) ข้อมูลการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) ซึ่งได้จากการวัดค่าสะท้อนแสงจากต้นพืชสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดอัตราปัจจัยผลผลิต ค่าการสะท้อนแสงดังกล่าวถูกนำมาคำนวณเพื่อหาค่าดัชนีพืชพรรณ (vegetation index, VI) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของพืชในขณะนั้น เช่น มวลชีวภาพ สีของต้นพืช หรือผลผลิต การศึกษาในครั้งนี้ใช้ค่าดัชนีพืชพรรณ ๕ ชนิดที่คำนวณจากค่าการสะท้อนแสงจากภาพถ่ายทางอากาศเพื่อศึกษาการตอบสนองของข้าวโพดและฝ้ายต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนและทำนายผลผลิตโดยใช้สมการเส้นตรง (simple linear regression model) ขณะที่สมการเส้นตรงหลายตัวแปร (multiple linear regression) ซึ่งใช้ค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ และ/หรือค่าวิเคราะห์ไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืชเป็นตัวแปรร่วมถูกใช้เพื่อศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพค่าดัชนีพืชพรรณในการคาดการณ์ผลผลิต การทดลองพบว่าค่าดัชนีพืชพรรณที่คำนวณจากข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศสามารถแยกแยะข้าวโพดที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราแตกต่างกัน และสามารถคาดการณ์ผลผลิตในช่วงเวลาระหว่างปลูกตั้งแต่ระยะการเจริญเติบโตที่มีใบจริง ๕ ใบ แต่อย่างไรก็ตามช่วงที่มีใบจริง ๙ ใบให้ความแม่นยำสูงกว่า สมการเส้นตรงที่ใช้ค่าดัชนีพืชพรรณอย่างเดียวเพื่อคาดการณ์ผลผลิตให้ผลใกล้เคียงกับการใช้สมการหลายตัวแปร ขณะที่ฝ้ายการแยกแยะการได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราแตกต่างกันให้ผลไม่แน่นอน ทั้งนี้อาจขึ้นขึ้นกับสภาพอากาศในแต่ละปี หรือพื้นที่ อย่างไรก็ตามการใช้สมการเส้นตรงหลายตัวแปร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ๒ ตัวแปรให้ผลดีกว่าการใช้ค่าดัชนีพืชพรรณเพียงอย่างเดียวในการคาดการณ์ผลผลิต

คำสำคัญ: ภาพถ่ายทางอากาศ, ค่าดัชนีพืชพรรณ, ไนโตรเจน, ข้าวโพด, ฝ้าย

ABSTRACT

Fertilizer N is one of the mostcostly inputs in corn (*Zea mays* L.) and cotton (*Gossypium hirsutum* L.) production and is a strong yield determining factor. Variable rate N fertilization has the potential to improve resource use efficiency, profitability, and help to minimize adverse environmental impacts. Vegetation indices (VIs) may be useful for in-season crop health monitoring to assist in fertilizer N management and yield prediction. This research determined the utility of aerial imagery in detecting corn and cotton response to varying N supply using five selected VIs. The VIs derived from aerial images, chlorophyll readings and tissue N for corn from V5 to V9 growth stages and cotton beginning the 1st week of flowering through to late-flowering were used to relate to fertilizer N rates and

plant N status and yield. The results showed that VIs derived from aerial imagery could be used to differentiate N supply and in-season grain yield of corn beginning at V5 to V6; however, models from later growth stages had greater r^2 values than earlier growth stages. Single variable models that used VI, chlorophyll content, or plant N concentration as an independent variable were overall stronger than 2 variable Multiple Linear Regression models (MLRs). Three independent variables used in MLRs contained multicollinearity. For cotton, the use of VIs derived from aerial imagery to differentiate N supply may depend on environmental factors such as soil and weather. However, VIs may be useful for in-season lint yield prediction beginning the 1st week of flowering although later stages improved accuracy. The MLRs that were developed with 2 independent variables may be more suitable for in-season lint yield prediction than single independent variable models.

KEY WORDS: Aerial imagery, Vegetation Index, Nitrogen, Corn, Cotton

1. บทนำ

ไนโตรเจนมีความจำเป็นและมีบทบาทสำคัญในการเจริญเติบโตของพืชแต่มีอยู่อย่างจำกัดในดินที่ใช้เพื่อการเกษตร ดังนั้นเกษตรกรจึงจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปริมาณมากเพื่อให้ได้รับผลผลิตสูง และมักมากกว่าอัตราแนะนำ แต่อย่างไรก็ตามปุ๋ยไนโตรเจนมีราคาสูง ต้องการพลังงานในการผลิตปริมาณมาก สูญเสียจากดินได้ง่ายทั้งจากการใช้ของพืช การระเหย และการชะล้างโดยน้ำซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินความต้องการของพืช หรือใส่ปุ๋ยไม่ตรงตามระยะเวลาที่พืชต้องการ ข้าวโพดต้องการปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณมาก เนื่องจากไนโตรเจนถูกใช้ในการเจริญเตบโตของลำต้น เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ และสารต่างๆในเซลล์ นอกจากนี้ไนโตรเจนที่ใช้ในการเจริญเติบเจริญเติบโตทางด้านลำต้นจะถูกเคลื่อนย้ายไปยังฝักและเมล็ดมากถึง 50 ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ (Sawyer et al., 2006)ซึ่งข้าวโพด 254 กิโลกรัมจะประกอบด้วยไนโตรเจน 0.36 กิโลกรัม ดังนั้นต้นข้าวโพดปริมาณ 4.5 เมกกะกรัมต่อเฮกแตร์ (Mg/ha)สามารถเคลื่อนย้านไนโตรเจนออกจากแปลงปลูกประมาณ24.1 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ (kg/ha) หลังการเก็บเกี่ยว (Sawyer et al., 2006) สำหรับฝ้ายต้องการปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณมากเพื่อให้ได้รับผลผลิตสูงสุดเช่นกัน แต่อย่างไรก็ตามการได้รับปุ๋ยไนโตรเจนน้อยหรือมากเกินไปส่งผลถึงปริมาณและคุณภาพของผลผลิตและต้นทุนที่สูงขึ้น หากฝ้ายได้รับไนโตรเจนน้อยเกินไปจะส่งผลให้จุดเกิดผลฝ้ายลดลง สมอฝ้ายร่วงเพิ่มขึ้น คุณภาพของเส้นใยลดลง ทั้งความยาวและความคงทนของเส้นใย (Arnall and Boman, 2013) นอกจากนี้หากฝ้ายที่ได้รับไนโตรเจนมากเกินไปจะทำให้ฝ้ายมีการเจริญเติยโตทางด้านลำต้นมากเกินป ส่งผลให้เข้าสู่ระยะเจริญวัย (maturity) ล่าช้า และต้องการสารควบคุมเจริญเติบโตเพื่อเร่งให้ต้นแก่และใบร่วงเมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยว นอกจากนี้การได้รับไนโตรเจนมากเกินไปยังทำให้ฝ้ายอ่อนแอต่อโรคและแมลง (Main et al., 2010; Main et al., 2011; Arnall and Boman, 2013). การเกษตรแบบแม่นยำสูง (Precision agriculture,PA) เป็นแนวทางหนึ่งที่เน้นการปรับปัจจัยการผลิตให้ตรงตามความต้องการของพืชซึ่งบนพื้นฐานของสภาพพื้นที่ (spatial context)ในแปลงปลูก และการเจริญเติบโตในขณะนั้น(Sui and Thomasson, 2006)การกำหนดอัตราปุ๋ยอย่างแม่นยำให้ตรงตามความต้องการพืชตามหลักของ PA ช่วยให้เกษตรกรได้กำไรสูงสุดและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการชะล้างไนโตรเจนลงสู่แหล่งน้ำในกรณีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินไป (Scharf et al., 2010; Phipps et al., 2004)การใช้อัตราหลากหลายของปุ๋ยไนโตรเจนในระบบ PA สามารถกำหนดได้โดยใช้ค่าวิเคราะห์ไนเตรต (NO_3^-) และ แอมโมเนียม (NH_4^+) ในดิน การใช้ค่าสะท้อนแสงของต้นพืชและค่าดัชนีพืชพรรณ และผลผลิตที่คาดหวัง (Yield goals)หรือศักยภาพในการเกิดผลผลิตของพืช(potential yield) สำหรับผลผลิตที่คาดหวังหรือศักยภาพในการเกิดผลผลิตของพืช สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลประกอบในการกำหนดอัตราปุ๋ย ซึ่งโดยปกติค่าดังกล่าวจะอ้างอิงจากค่าเฉลี่ยของผลผลิต 4-10 ปีของแปลงปลูกนั้นๆ(Gotway and Hartford, 1996) อย่างไรก็ตามการใช้ค่าเฉลี่ยผลผลิตในอดีตอาจแม่นยำไม่เพียงพอเนื่องจากความแปรปรวนของสภาพอากาศในแต่ละปี นอกจากนี้ผลผลิตมักสัมพันธ์กับชนิดของดิน และสภาพอากาศ (Lund et al., 2000) ดังนั้นการประมาณค่าศักยภาพการให้ผลผลิตภายในฤดูปลูก

อาจช่วยให้การกำหนดอัตราปุ๋ยที่ใช้ผลผลิตเป็นค่าอ้างอิงให้ความแม่นยำสูงขึ้น การคาดการณ์ผลผลิตตั้งแต่ระยะเริ่มแรกของการเจริญเติบโตอาจเหมาะสมต่อการประเมินการเจริญเติบโตในปีที่ปลูก และสามารถประเมินความต้องการไนโตรเจนของพืชในปีนั้นๆ (Raun, 2001)รีโมทเซนซิงมีศักยภาพในการจัดเตรียมข้อมูลซึ่งสะท้อนถึงการเจริญเติบโตของพืชในขณะนั้น เช่น การขาดธาตุอาหาร หรือการเข้าทำลายของโรคและแมลง โดยใช้ความแตกต่างของค่าสะท้อนแสงของพืชปกติและพืชที่ขาดธาตุอาหารหรือเป็นโรค จากนั้นจึงใช้ข้อมูลเหล่านี้ในการปรับอัตราปุ๋ย หรือการใช้สารปราบศัตรูพืชเนื่องจากข้อมูลรีโมทเซนซิ่งมีค่าอ้างอิงพิกัดบนพื้นโลก ทำให้สามารถใช้งานร่วมกับระบบglobal positioning systems (GPS) และGeographic Information System (GIS)ทำให้เกษตรกรสามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในระบบการเกษตรแบบแม่นยำสูงได้ง่าย และสามารถใช้ได้ตรงตามเวลาที่ต้องการ (real time) เนื่องจากระบบรีโมทเซนซิงสามารถเก็บข้อมูลและประมวลผลได้อย่างรวดเร็วและยังนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ร่วมกับข้อมูลที่มีการเก็บบันทึกใหม่ได้ง่ายเนื่องจากมีค่าพิกัดกำกับ ทำให้ตรงตามตำแหน่งเดิมที่ต้องการ (Scharf et al., 2010) ทั้งนี้ได้มีการศึกษาการใช้ข้อมูลรีโมทเซนซิงเพื่อกำหนดอัตราปัจจัยการผลิต เช่น ปุ๋ย และสารป้องกันศัตรูพืชในพืชหลายชนิด(Blackmer et al., 1996; Hatfield et al., 2008, Sui and Thomasson, 2006; Scharf et al., 2010, Nellis et al., 2009)ทั้งนี้ส่วนใหญ่เป็นการใช้ระบบรีโมทเซนซิ่งที่อยู่ในระดับพื้นดิน เช่นการใช้เซนเซอร์ติดกับรถแทรคเตอร์แล้วทำการบันทึกค่าการสะท้อนแสงของพืช แต่อย่างไรก็ตามการใช้รถแทรคเตอร์ในการจัดเก็บอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อต้นพืช และใช้เวลาในการเก็บข้อมูลนานกว่าการจัดเก็บข้อมูลโดยใช้ภาพถ่ายทางอากาศ ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาศักยภาพของข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศในการประเมินข้าวโพด และฝ้ายที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ ซึ่งจะได้สมการซึ่งสามารถสะท้อนถึงความต้องการธาตุไนโตรเจน อีกทั้งยังศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ข้อมูลภาพถ่ายในการคาดการณ์ผลผลิตของข้าวโพดและฝ้ายตั้งแต่อยู่ในระยะเริ่มต้นของการเจริญเติบโต เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจการให้ปุ๋ยไนโตรเจนแก่พืชในระบบการเกษตรแบบแม่นยำสูงต่อไป

2. วัตถุประสงค์

2.1 ศึกษาข้อมูลค่าการสะท้อนแสงที่บันทึกโดยภาพถ่ายทางอากาศของข้าวโพด และฝ้ายในระยะเริ่มแรกของการเจริญเติบโต โดยศึกษาความสัมพันธ์กับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน และผลผลิต

2.2 สร้างสมการที่สามารถทำนายผลผลิตข้าวโพดและฝ้ายตั้งแต่ระยะเริ่มแรกของการเจริญเติบโต

3. วิธีการวิจัย

3.1 ลักษณะทั่วไปของแปลงปลูก

ข้าวโพด (Zea mays L.) ทำการทดลองต่อเนื่อง 2 ปี ได้แก่ปี พ.ศ. 2556 และ 2557 ณ แปลงทดลอง the W.B. Andrews Agricultural Systems Research Farm, Mississippi State (-88.763, 33.470 WGS 84)วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block designซึ่งประกอบด้วยปุ๋ยไนโตรเจน 4 อัตรา ได้แก่ 0, 89.6, 179.2, และ 268.8 kg/ha อัตราละ 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำประกอบด้วยแถวข้าวโพดขนาดยาว 36.58 เมตร และกว้าง 0.97 เมตร จำนวน12 แถว ชนิดปุ๋ยที่ใช้เป็นปุ๋ยไนโตรเจนเหลวurea-ammonium nitrate, UAN 32% โดยแต่ละอัตราแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งแรกใส่หลังข้าวโพดงอก 1 อาทิตย์ และครั้งที่ 2 ใส่เมื่อข้าวโพดมีใบจริง 5 ใบ (V5) สำหรับฝ้าย (Gossypium hirsutum L.) ทำการทดลอง ณ แปลงเกษตรกร ในปี พ.ศ. 2556 แปลงทดลองอยู่ที่ ทิศเหนือของเมือง Schlater รัฐ Mississippi (-90.343oW, 33.697oN WGS 84) และในปี2557 อยู่ที่เมือง Moneyรัฐ Mississippi(-90.217°W, 33.664°N WGS 84) วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design ซึ่งประกอบด้วยปุ๋ยไนโตรเจน 4 อัตรา ได้แก่ 33.6, 67.2, 100.8 และ 134.4 kg/ha อัตราละ 4 ซ้ำ

3.2 การเก็บข้อมูล

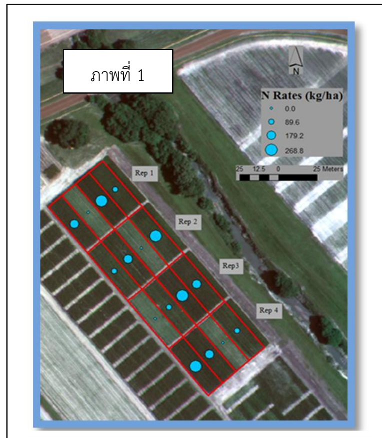
ภาพถ่ายที่ใช้ในการทดลองเป็นชนิด multispectral aerial images ซึ่งประกอบด้วย 4 ช่วงคลื่น (band) ประกอบด้วยช่วงแสงสีน้ำเงิน (450±40 nm) เขียว (550±40 nm) แดง (650±40 nm) และ near infrared (850±40 nm) ความละเอียดภาพ (spatial resolution) 0.5-1.0 เมตร สำหรับข้าวโพดปี 2556ทำการถ่ายภาพ1 ครั้งเมื่อข้าวโพดเจริญเติบโตในระยะ V5-V6 (ระยะใบจริง 5-6 ใบ) และปี 2557 ทำการถ่ายภาพ 2 ครั้ง ได้แก่ ระยะ V5-V6 และระยะ V8-V9 (ระยะใบจริง 8-9 ใบ) ขณะที่ฝ้ายทำการถ่ายภาพ 3 ครั้งต่อปี ได้แก่ ระยะสัปดาห์แรกของระยะดอกบาน ระยะกลางของระยะดอกบาน (mid-flowering) และระยะปลายของระยะดอกบาน (late-flowering) (ตารางที่1)ภาพถ่ายทั้งหมดถูกนำมาปรับความถูกต้องเชิงพิกัดและคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณ 5 ชนิด ได้แก่

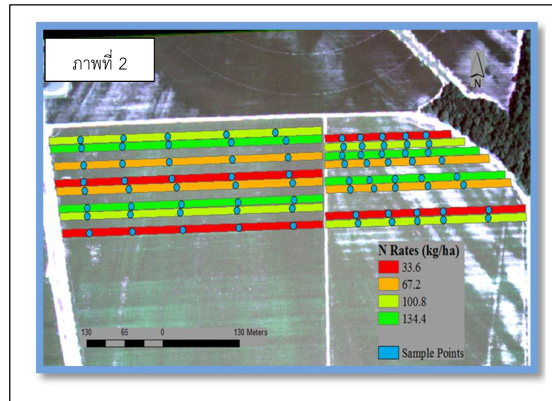
RVI, NDVI, GNDVI, SAVI,และ MSAVI2 โดยใช้โปรแกรม ERDAS Imagine 2013 (Intergraph Corporation, USA) จากนั้นทำการสกัดค่า RVI, NDVI, GNDVI, SAVI, และ MSAVI2 จากภาพเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับอัตราปุ๋ยและผลผลิต นอกจากนี้ทำการเก็บข้อมูลอื่นๆ ได้แก่ เนื้อเยื่อพืช เช่น ต้นข้าวโพดทั้งต้นที่ระยะ V5-V6 ใบข้าวโพดที่ระยะ V8-V9 และใบฝ้ายที่ระยะสัปดาห์แรก และระยะกลางของระยะดอกบานเพื่อวิเคราะห์ไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืช นอกจากนี้ทำการวัดค่าปริมาณคลอโรฟิลล์โดยใช้ SPAD-502meter (Konica Minolta, Osaka, Japan)โดยข้าวโพดวัดที่ระยะ V5-V6 และ V8-V9 และฝ้ายวัดที่ระยะสัปดาห์แรกและระยะกลางของระยะดอกบาน เพื่อใช้เป็นตัวแปรร่วมกับ VIs เพื่อศึกษาการเพิ่มศักยภาพของ VIs ในการคาดการณ์ผลผลิตข้าวโพดและฝ้ายที่เจริญเติบโตในระยะเริ่มต้นของการเจิญเติบโต

ตารางที่ 1 วันและระยะการเจริญเติบโตของข้าวโพดและฝ้ายที่ทำการถ่ายภาพ

ข้าวโพด		
ปี 2556		
วัน	เดือน	ระยะการเจริญเติบโต
27	พฤษภาคม	V5-V6
ปี 2557		
วัน	เดือน	ระยะการเจริญเติบโต
31	พฤษภาคม	V5-V6
18	มิถุนายน	V8-V9

ฝ้าย		
ปี 2556		
วัน	เดือน	ระยะการเจริญเติบโต
17	กรกฎาคม	สัปดาห์แรกของระยะดอกบาน
01	สิงหาคม	ระยะกลางของระยะดอกบาน
15	สิงหาคม	ระยะปลายของระยะดอกบาน
ปี 2557		
วัน	เดือน	ระยะการเจริญเติบโต
12	กรกฎาคม	สัปดาห์แรกของระยะดอกบาน
05	สิงหาคม	ระยะกลางของระยะดอกบาน
23	สิงหาคม	ระยะปลายของระยะดอกบาน





ภาพที่ 1แสดงแผนที่แปลงปลูกข้าวโพด และ **ภาพที่ 2**แสดงแผนที่แปลงปลูกฝ้ายซึ่งใช้ตัวอย่างภาพถ่ายที่ทำการบันทึกเป็นฉากหลัง ทั้งนี้การสกัดข้อมูลค่าดัชนีพืชพรรณจากภาพถ่าย สำหรับข้าวโพดใช้ขอบเขตของแต่ละแปลง ในการสกัด และ ฝ้ายใช้พื้นที่วงกลมที่ทำbuffer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เมตร ในบริเวณที่เก็บตัวอย่างพืช และผลผลิต ค่าที่ได้ในแต่ละ polygon จะนำมาคำนาวณหาค่าเฉลี่ยเพื่อใช้วิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์กับข้อมูลอื่นๆ

ตารางที่ 2 ค่าดัชนีพืชพรรณที่ใช้ในการศึกษาการตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจน และสร้างโมเดลการคาดการณ์ผลผลิตข้าวโพดและฝ้าย

ดัชนีพืชพรรณ	คำย่อ	อ้างอิง	สูตร
Ratio Vegetation Index	RVI	Birth an McVey (1968)	R/NIR
Normalized Difference Vegetation Index	NDVI	Rouse et al. (1974)	(NIR-R)/(NIR+R)
Green Normalized Difference Vegetation Index	GNDVI	Gitelson et al. (1996)	(NIR-G)/(NIR+G)
Soil Adjusted Vegetation Index	SAVI	Huete (1988)	((NIR-R)/(NIR+R+L))*(1+L); L=0.5
Modified Soil Adjusted Vegetation Index2	MSAVI2	Qi et al. (1994)	$\frac{2\mathrm{NIR} + 1 - \sqrt{(2 * \mathrm{NIR} + 1)^2}}{2}$
G, R, and NIR = green-, red-, and near infrared- spectral band, L = soil adjustment factor			

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

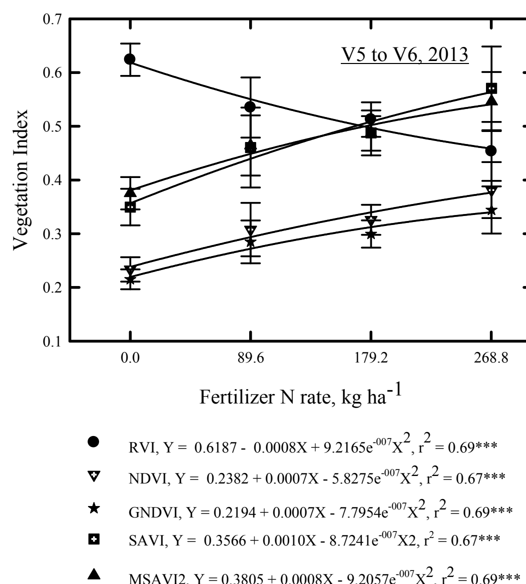
การศึกษาในครั้งนี้ใช้สมการ Linearregression และ non-linear regression models เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพืชพรรณ (VIs) 5 ชนิด ได้แก่ RVI NDVI GNDVI SAVI และ MSAVI2 กับอัตราปุ๋ยไนโตรเจนและผลผลิตของข้าวโพดและฝ้ายซึ่งค่า VIsถูกใช้เป็นตัวแปรต้น และอัตราปุ๋ยไนโตรเจนหรือผลผลิตพืชถูกใช้เป็นตัวแปรตาม โดยการใช้โปรแกรมSigmaPlot 11 จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าcorrelation coefficient (r^2) และ p-values เพื่อพิจารณาว่าความสัมพันธ์ในแต่ละระยะมีความสัมพันธ์กับสมการชนิดใด และมีความสัมพันธ์กันในระดับใดนอกจากนี้การทดลองในครั้งนี้ได้มีการใช้สมการชนิด multiple linear regression model (MLR) เพื่อศึกษาการเพิ่มศักยภาพของ VIs โดยการใช้ข้อมูลการเจริญเติบโตอื่นๆ ได้แก่ ค่าวิเคราะห์ไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืช และค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD) เป็นตัวแปรต้นร่วม ทั้งนี้การทดลองในครั้งนี้ได้ศึกษาการใช้ตัวแปรต้นร่วมกัน2 ชนิด (MLR2 ตัวแปร) ได้แก่ ค่า VIs ร่วมกับค่าวิเคราะห์ไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืช หรือค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD) และการใช้ตัวแปรต้นร่วมกันชนิด 3 ชนิด ได้แก่ ค่า VIs ร่วมกับค่าวิเคราะห์ไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืชและค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD) ซึ่งสมการที่ได้จะมีการเปรียบเทียบค่า r^2และ p-values กับสมการที่ใช้ตัวแปรต้นเพียงตัวเดียวในสมการ Linearregression และ non-linear regressionเพื่อพิจารณาว่าสมการชนิดใดเหมาะสมกับการคาดการณ์ผลผลิตในระยะแรกของการเจริญเติบโตของข้าวโพด และฝ้าย

4. ผลและวิจารณ์

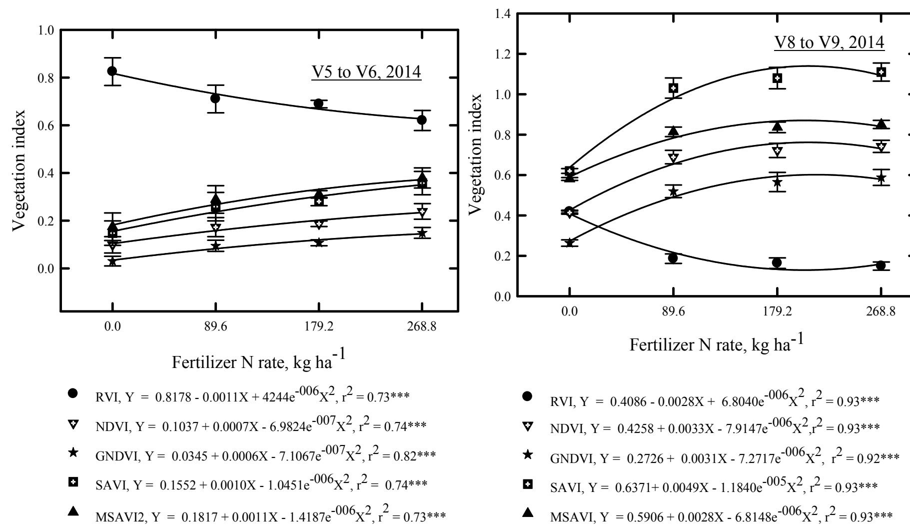
4.1ความสัมพันธ์ของค่าดัชนีพืชพรรณกับอัตราปุ๋ยไนโตรเจนของข้าวโพด

การใช้ค่าการสะท้อนแสงของพืชที่บันทึกโดยภาพถ่ายทางอากาศเพื่อวิเคราะห์การตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนของข้าวโพด พบว่าอัตราปุ๋ยมีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีพืชพรรณแบบquadratic regression modelทุกช่วงการศึกษา โดยปี 2556 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพืชพรรณกับอัตราปุ๋ยอยู่ในระดับปานกลางเมื่อข้าวโพดอยู่ในระยะV5-V6ค่าr^2 อยู่ในช่วง 0.67ถึง0.69 (ภาพที่2) และพบว่าค่าดัชนีพืชพรรณแต่ละชนิดให้ค่าคามสัมพันธ์ r^2ใกล้เคียงกันแต่อย่างไรก็ตามในปี 2557มีค่าความสัมพันธ์สูงตั้งแต่ระยะV5-V6โดยr^2อยู่ระหว่าง0.73ถึง0.82 (ภาพที่3) และGNDVIมีความสัมพันธ์กับอัตราปุ๋ยมากที่สุด ความสัมพันธ์ระหว่าง VIsกับอัตราปุ๋ยมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อข้าวโพดเจริญเติบโตในระยะ V8-V9โดยค่าr^2อยู่ในช่วง0.92ถึง 0.93 (ภาพที่2)แต่อย่างไรก็ตามค่าr^2ของVIs มีค่าใกล้เคียงกันซึ่งผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับบางรายงานที่พบว่า GNDVI มีความสัมพันธ์กับอัตราปุ๋ยไนโตรเจนมากที่สุดเมื่อข้าวโพดเจริญเติบโตในระยะV5-V7 (Dellinger et al., 2008)และพืชหลายชนิดเมื่อเจริญอยู่ในระยะเริ่มเจริญเติบโตเช่นข้าวสาลี (Hinzman et al., 1986) ข้าว (Walker and Satterfield, 2009) เป็นต้นทั้งนี้ GNDVI ได้คำนวณโดย Gitelson et al. (1996) เป็นครั้งแรกเพื่อใช้ในการประมาณค่าปริมาณคลอโรฟิลในต้นพืช ซึ่ง

ปริมาณคลอโรฟิลมีความสัมพันธ์สูงกับปริมาณไนโตรเจนในต้นพืช (Hinzman et al., 1986)นอกจากนี้Zhao et al. (2003) รายงานว่าการขาดธาตุไนโตรเจนของต้นพืชมีผลโดยตรงต่อการสะท้อนแสงของใบข้าวโพดในแสงช่วงคลื่นที่ตามองเห็น (400– 720 nm) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงแสงสีเขียว (550 nm)Blackmer et al. (1995) รายงานว่าค่าสะท้อนแสงของต้นข้าวโพดในช่วงคลื่น 550 nm และ 710 nm มีประสิทธิภาพในการแยกแยะการขาดธาตุไนโตรเจนได้ดีกว่าแสงในช่วงคลื่น 450 nm หรือ 650 nm สำหรับผลการทดลองในครั้งนี้แม้ว่า GNDVIมีแนวโน้มที่สามารถวัดการตอบสนองของข้าวโพดต่ออัตราปุ๋ยดีทีสุด แต่แนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่าง VIsกับอัตราปุ๋ยเป็นไปในทิศทางเดียวกันตลอดระยะการศึกษา คือRVI มีความสัมพันธ์ในทางลบกับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน ในขณะที่อีก4 VIs มีความสัมพันธ์ในทางบวกRVI มีค่าลดลงเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงขึ้น ในขณะที่อีก**4**VIsต่างมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงขึ้นเมื่อข้าวโพดเจริญเติบโตที่ระยะ V5-V6 ทั้งในปี2556และ 2557แต่อย่างไรก็ตามที่ระยะ V8-V9 ในปี 2557 การลดลงของ RVI และการเพิ่มขึ่นของ 4 VIsถึงจุดต่ำสุด และสูงสุดเมื่อข้าวโพดได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 179.2 kg/haและค่า VIs ทั้ง 5 ชนิดมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อได้รับปุ๋ยอัตรา 179.2และ 268.8 kg/haผลการทดลองคล้ายกับLiu and Wiatrak (2011) ซึ่งรายงานว่าค่า NDVI เพิ่มขึ้นเมื่อข้าวโพดได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงขึ้น และ ค่า NDVI ไม่เพิ่มขึ้นเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนสูงกว่า 90 kg/haดังนั้น VIs ที่คำนวณจากภาพถ่ายทางอากาศสามารถใช้ในการแยกแยะต้นข้าวโพดที่มีระดับไนโตรเจนที่แตกต่างกันได้ตั้งแต่ระยะ V5-V6 แต่ที่ระยะ V8-V9VIs อาจไม่สามารถแยกแยะต้นข้าวโพดที่ได้รับปุ๋ยอัตรา 179.2 และ 268.8 kg/haซึ่งจากบางรายงานพบว่าคุณสมบัติของพืชบางประการ เช่น ความสูง เช่น ความสูงต้น ขนาดพื้นที่ใบ (leaf area index) และ ปริมาณคลอโรฟิลมีแนวโน้มจากการตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนคล้ายกันคือ ลักษณะดังกล่าวมีการเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นในช่วงแรกๆ ของการเจริญเติบโต แต่เมื่อข้าวโพดมีอายุมากขึ้น ลักษณะดังกล่าวมีการขนาดใกล้เคียงกันเมื่อได้รับปุ๋ยในระดับที่เหมาะสมแต่เมื่อได้รับปุ๋ยอัตราสูงขึ้นลักษระดังกล่าวไม่มีการเพิ่มขนาด หรือปริมาณ (Bullock and Anderson, 1998; Liu and Wiatrak, 2011; Yin et al., 2012; Schepers et al., 1992) ซึ่งอาจเกิดจากปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นนั้นพืชไม่มีการนำไปใช้ทั้งหมดในการสร้างมวลชีวภาพ และคลอโรฟิลล์ ซึ่งอัตราที่พืชดูดซึมปุ๋ยเข้าไปมากกว่าความต้องการนี้เรียกว่า “luxury consumption” (Varvel et al., 1997; Havlin et al., 2004 ; Zhang et al., 2008).



ภาพที่ 2ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพืชพรรณข้าวโพดในระยะ V5-V6 กับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน ปี 2556



ภาพที่ 3ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพืชพรรณข้าวโพดในระยะ V5-V6 และ V8-V9 กับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน ปี 2557

4.2 ความสัมพันธ์ของค่าดัชนีพืชพรรณกับผลผลิตข้าวโพด

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพืชพรรณกับผลผลิตข้าวโพดพบว่ามีความสัมพันธ์แบบquadratic regression มากกว่า simple regression (ตารางที่ 3) ตลอดระยะเวลาทีศึกษานอกจากนี้พบว่าค่าดัชนีพืชพรรณกับผลผลิตข้าวโพดมีความสัมพันธ์สูงตั้งแต่ระยะ V5-V6 โดยค่า r^2อยู่ในช่วงระหว่าง 0.71 ถึง 0.73 ในปี 2556และ 0.73 ถึง 0.84 ในปี 2557และพบว่าความสัมพันธ์เพิ่มสูงขึ้นเมื่อข้าวโพดเจริญเติบโตในระยะ V8-V9 ของปี 2557โดยค่า r^2อยู่ระหว่าง 0.89 ถึง 0.92ซึ่งผลการทดลองที่ได้คล้ายกับ Ma et al. (1996) ซึ่งรายงานว่า NDVI ที่ระยะ pre-anthesis มีความสัมพันธ์สูงกับผลผลิตข้าวโพดและ Blackmer and Schepers (1995) พบว่าการชาดธาตุไนโตรเจนมีความสัมพันธ์สูงกับผลผลิตข้าวโพดที่ระยะ R4-R5มากกว่าที่ระยะ V6Diker and Bausch (2003) รายงานว่าผลผลิตข้าวโพดมีความสัมพันธ์สูงกับ NDVI and SAVI ตั้งแต่ระยะ V9-R3 แต่มีความสัมพันธ์ต่ำที่ระยะ V6Teal et al. (2006) รายงานว่า NDVI ที่ระยะ V8 มีความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวโพดสูงกว่า NDVI ที่ระยะ V6-V7 ทั้งนี้ความสัมพันธ์สูงระหว่างVIs กับผลผลิตข้าวโพดที่ระยะ V8-V9 อาจเกิดจากการเจริญเติบโตของข้าวโพดเป็นไปอย่างรวดเร็วเริ่มตั้งแต่ที่ระยะ V6 (Larson and Oldham, 2008; Larson; 2009, Bender et al., 2013) ซึ่งข้าวโพดต้องการไนโตรเจนเป็นจำนวนมากหลังจากระยะ V6 เพื่อสร้างลำต้นและใบ ในช่วงที่ข้าวโพดเจริญเติบโตในระยะ V6-R2 จากนั้นข้าวโพดจะเริ่มพัฒนาฝักและเมล็ดในระยะ R2และการสร้างฝักและเมล็ดจะถึงจุดสูงสุดในช่วงที่ข้าวโพดเจริญเติบโตถึงระยะ R6 (Larson, 2009, Bender et al., 2013) ซึ่งจากงานทดลองหลายฉบับรายงานว่าผลผลิตข้าวโพดมีความสัมพันธ์สูงกับค่าการเจริญเติบโตของพืช เช่น ความสูง มวลชีวภาพ ค่าการสะท้อนแสงโดยเฉพาะในช่วงแสงสีแดง และ เขียวรวมทั้งค่า NDVI (Yang and Anderson, 1996; Yin et al., 2012) ซึ่งZhao et al. (2003) ให้ความคิดเห็นว่าหารขาดธาตุไนโตรเจนจะลดอัตราการยืดตัวของลำต้นการขยายของพื้นที่ใบ และการสังเคราะห์แสงซึ่งส่งผลให้ข้าวโพดต้นเตี้ย การสะสมมวลชีวภาพต่ำลง ทำให้ผลผลิตข้าวโพดลดลงแต่อย่างไรก็ตามในการทดลองครั้งนี้พบว่า GNDVI มีความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวโพดสูงสุดโดยเฉพาะอย่างยิ่งในปี 2557GNDVI มีความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวโพดสูงอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ระยะ V5-V6 ค่า r^2เท่ากับ 0.84และ V8-V9 ค่า r^2 เท่ากับ0.92แม้ว่า GNDVI มีค่า r^2น้อยกว่า VIs ชนิดอื่นที่ระยะ V5-V6 ในปี 2556ซึ่งผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับหลายการทดลองที่ผ่านมาซึ่งรายงานว่า GNDVI มีความสัมพีนธ์สูงกับผลผลิตข้าวโพดและในพืชบางชนิด เช่นShanahan et al. (2001) พบว่า GNDVI มีความสัมพันธ์กับผลผลิตของข้าวโพดสูงกว่า NDVIBronson et al. (2003) รายงานว่า GNDVI มีความสัมพันธ์กับไนโตรเจนในใบของฝ้ายสูงกว่า NDVIดังนั้น GNDVI อาจมีศักยภาพสูงเพื่อใช้เป็นปัจจัยในการคาดการณ์ผลผลิตข้าวโพดในระยะเยาว์วัย การศึกษา multiple linear regression(MLR) (ตารางที่ 3) เพื่อเพิ่มศักยภาพของ ฮณห ในการคาดการณ์ผลผลิตข้าวโพดในระยะเยาว์วัยโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ระยะผลการวิเคราะห์พบว่าการใช้ปัจจัยตรงในการคาดการณ์ผลผลิต 2ปัจจัยคือ VIs ร่วมกับค่าไนโตรเจนในต้นพืชสามารถอธิบายความสัมพันธ์กับผลผลิตของข้าวโพดได้ดีกว่าการใช้ VIs เป็นปัจจัยตรง 1 ตัวแต่อย่างไรก็

ตาม MLR ที่ใช้ปัจจัยตรง 3 ตัว ได้แก่ VIs ร่วมกับ ค่าไนโตรเจนในต้นพืช และ SPAD มีปัญหาเรื่องการเกิดขึ้นของ multicollinearity ซึ่งอาจเกิดจาก Vis ค่าวิเคราะห์ไนโตรเจนในเนื้อเยื่อ และ SPADมีความสัมพันธ์กันสูง(Graham, 2003)

ตารางที่ 3ค่า r^2ของสมการคาดการณ์ผลผลิตข้าวโพดโดยใช้ linear, non-linear และ multiple linear regressions โดยใช้ค่าดัชนีพืชพรรณที่คำนวณจากภาพถ่ายทางกาศที่ระยะ V5-V6 ในปี 2556 ระยะ V5-V6 และ V8-V9 ปี 2557

ระยะ V5-V6, 2556					
สมการ	RVI	NDVI	GNDVI	SAVI	MSAVI2
Simple Linear	0.69***	0.68***	0.68***	0.68***	0.69***
Quadratic	0.73***	0.73***	0.71***	0.73***	0.73***
MLR)VI*WPN(	0.86***	0.86***	0.85***	0.68***	0.70***
MLR)VI*SPAD(	0.70***	0.68***	0.69***	0.68***	0.70***
MLR)VI*WPN*SPAD(	0.86***^{M}	0.86***	0.85***^{M}	0.86***	0.86***^{M}
ระยะ V5-V6, 2557					
สมการ	RVI	NDVI	GNDVI	SAVI	MSAVI2
Simple Linear	0.72***	0.73***	0.83***	0.73***	0.72***
Quadratic	0.73***	0.73***	0.84***	0.73***	0.73***
MLR)VI*WPN(	0.81***	0.82***	0.87***	0.82***	0.81***
MLR)VI*SPAD(	0.84***^{M}	0.85***^{M}	0.88***^{M}	0.85***^{M}	0.84***^{M}
MLR)VI*WPN*SPAD(	0.88***^{M}	0.89***^{M}	0.90***^{M}	0.88***^{M}	0.88***^{M}
ระยะV8-V9, 2557					
สมการ	RVI	NDVI	GNDVI	SAVI	MSAVI2
Simple Linear	0.79***	0.81***	0.85***	0.81***	0.79***
Quadratic	0.89***	0.90***	0.92***	0.90***	0.90***
MLR)VI*LN(	0.86***	0.86***	0.88***	0.86***	0.86***
MLR)VI*SPAD(	0.88***	0.88***	0.90***	0.88***	0.88***
MLR)VI *LN *SPAD(	0.89***^{M}	0.89***^{M}	0.90***^{M}	0.89***^{M}	0.89***^{M}

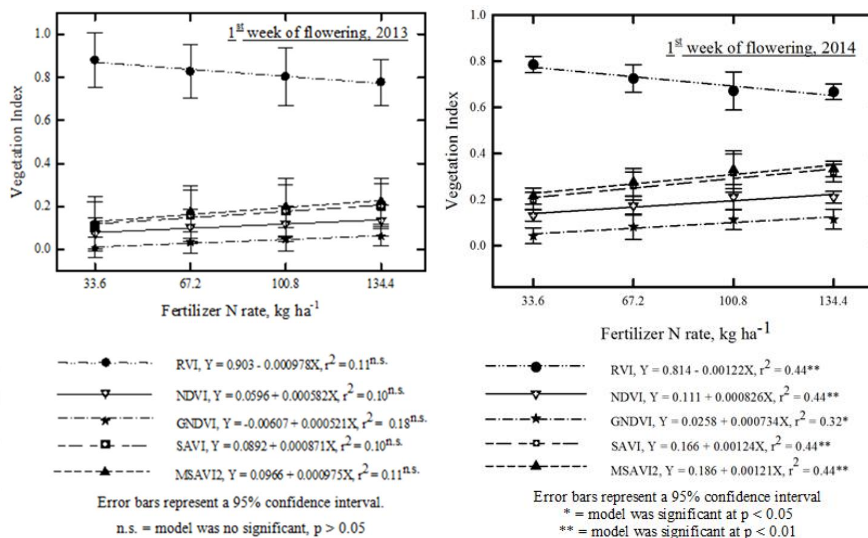
* = models was significant at $p < 0.001$
^{M} = Multicollinearity

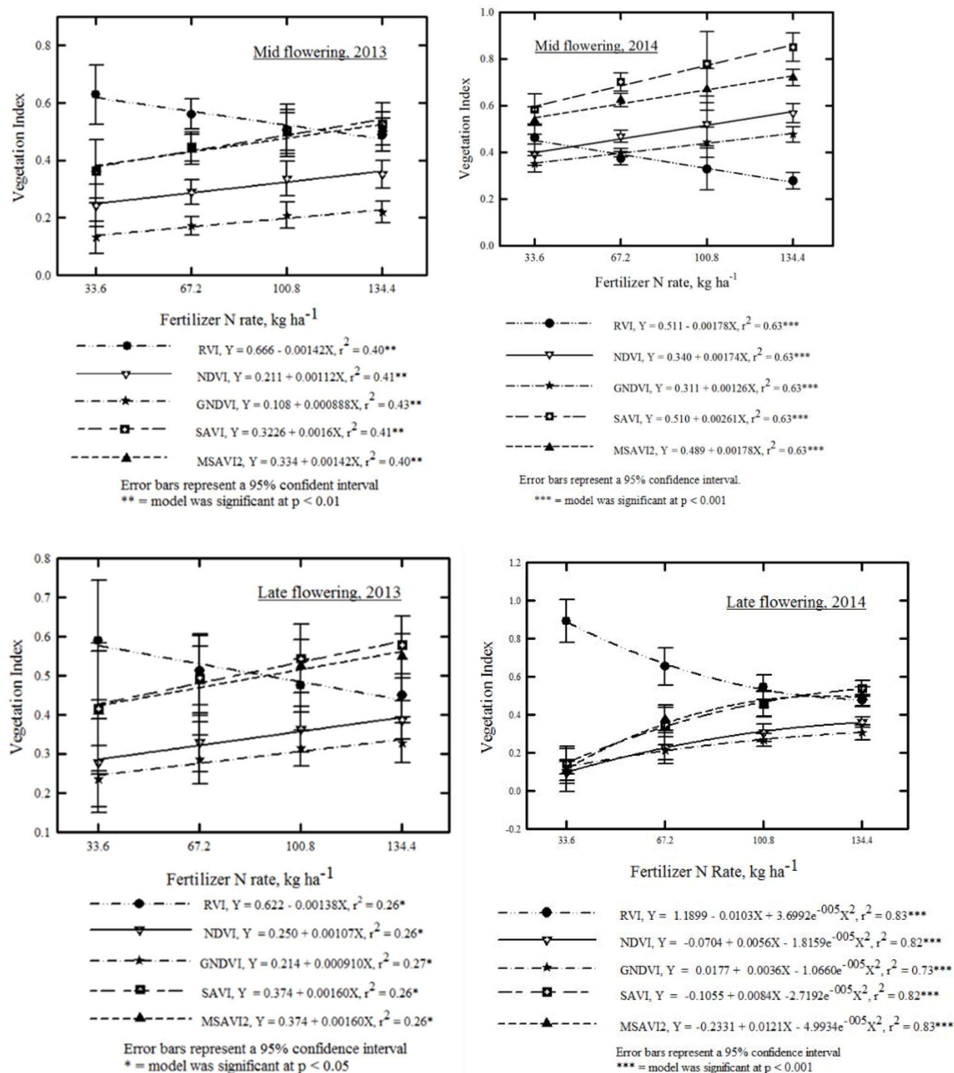
4.3 ความสัมพันธ์ของค่าดัชนีพืชพรรณของฝ้ายกับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยไนโตรเจน และ VIs ของฝ้ายที่ระยะสัปดาห์แรกที่ดอกบาน ถึงระยะปลายของระยะดอกบาน ของปี 2556 และระยะสัปดาห์แรกที่ดอกบาน ถึงระยะกลางของระยะดอกบาน ของปี 2557เป็นแบบเส้นตรง ในขณะที่ระยะปลายของระยะดอกบาน ของปี 2557 ความสัมพันธ์เป็นแบบquadratic regression model (ภาพที่ 4)ในปี 2556 ที่ระยะสัปดาห์แรกที่ดอกบานความสัมพันธ์ระหว่างอัตรปุ๋ย และ VIs ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยค่า r^2อยู่ระหว่าง 0.10 ถึง 0.18) และมีความความสัมพันธ์ต่ำที่ระยะปลายของระยะดอกบาน โดยค่า r^2 อยู่ในช่วง 0.26 ถึง 0.27 แต่อย่างไรก็ตามพบความสัมพันธ์ระดับปานกลางที่ระยะกลางของระยะดอกบานค่า r^2อยู่ระหว่าง 0.41 ถึง 0.43ในปี 2557พบว่าความสัมพันธ์ระหว่าง VIs กับ อัตราปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเพื่อการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นจากระยะสัปดาห์แรกที่ดอกบาน ถึงระยะปลายของระยะดอกบานโดยความสัมพันธ์ดังกล่าวอยู่ในระดับปานกลางที่ระยะสัปดาห์แรกที่ดอกบาน ซึ่งค่า r^2อยู่ในช่วง 0.32 ถึง 0.44ระยะกลางของระยะดอกบาน ค่า r^2 เท่ากับ0.63และค่าความสัมพันธ์สูงสุดที่ระยะปลายของระยะดอกบานค่า r^2อยู่ในช่วง 0.73 ถึง 0.83 ซึ่งจากผลการทดลองVIs ที่คำนวณจากข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศสามารถนำมาใช้ในการแยกแยะฝ้ายที่

ได้รับปุ๋ยไรโตรเจนอัตราต่างกันได้ตั้งแต่ระยะกลางของระยะดอกบาน แต่อย่างไรก็ตามความแม่นยำอาจขึ้นอยู่กับปีที่ปลูก ซึ่งผลการทดลองในครั้งนี่สอดคล้องกับการทดลองของ Zhao et al. (2007) ซึ่งพบว่าอัตราปุ๋ยไนโตรเจนและปีที่แตกต่างกันมีผลต่อค่าสะท้อนแสงของทรงพุ่มฝ้ายนอกจากนี้เขายังรายงานว่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยไนโตรเจน กับ VIS เพิ่มสูงขึ้นตามการเจริญเติบโตของฝ้ายและมีค่าสูงสุดเมื่อฝ้ายพัฒนาถึงระยะเริ่มต้นของระยะดอกบานนอกจากนี้ Sui et al. (2005) พบว่าช่วงคลื่นแสงสีน้ำเงิน เขียว แดง และ near infrared จากทรงพุ่มฝ้าย และVIs มีความสัมพันธ์สูงกับอัตราปุ๋ยโดยมีค่า r^2 เท่ากับ0.74

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยไนโตรเจนกับ VIs แต่ละชนิด พบว่า RVI มีความสัมพันธ์ในทางลบกับอัตราปุ๋ย โดย RVI มีค่าสูงสุดเมื่อฝ้ายได้รับปุ๋ยอัตรา 33.6 kg/haและค่าลดลงเมื่อได้รับอัตราปุ๋ยลดลง ในทุกระยะการเจริญเติบโตที่ทำการศึกษาทั้งในปี 2556 และ 2557 ในขณะที่ค่า NDVI GNDVI SAVIและ MSAVI2 เพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ในปี 2556ค่า RVI ลดลงเมื่อฝ้ายเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น โดยระยะที่ฝ้ายออกดอกสัปดาห์แรกRVI มีค่าสูงสุด และต่ำสุดเมื่อฝ้ายอยู่ในระยะปลายของระยะดอกบานในขณะที่ค่า NDVI GNDVI SAVI และ MSAVI2 เพิ่มขึ้นตามการเจริญเติบโตของฝ้ายตั้งแต่ระยะสัปดาห์แรกของระยะดอกบานจนถึงระยะปลายของระยะดอกบานซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับการทดลองของBuscaglia and Varco (2002) ซึ่งพบว่าในสัปดาห์ที่ 2 ของระยะsquaring ค่าสะท้อนแสงในช่วงความยาวคลื่น400 ถึง 850 nm ของใบฝ้ายที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่ำสุด (40N kg/ha) มีค่าสูงกว่าฝ้ายที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนสูงกว่า แต่ตรงข้ามกันกับระยะ 2nd week of flowering ค่าการสะท้อนแสงของฝ้ายที่ได้รับไนโตรเจนอัตราสูงกว่ามีค่าการสะท้อนแสงสูงกว่า ซึ่ง Buscaglia and Varco (2002) ให้ความคิดเห็นว่าค่าการสะท้อนแสงของใบฝ้ายสามารถนำมาใช้เป็นค่าวัดการขาดธาตุไนโตรเจนของฝ้ายแต่อย่างไรก็ตามในปี 2557ค่า RVI มีค่าสูงสุดและค่า NDVI GNDVI SAVI และ MSAVI2 ต่ำสุดเมื่อฝ้ายเจริญเติบโตในระยะสัปดาห์แรกของระยะดอกบานโดยค่า RVI ลดลงและ ค่า NDVI, GNDVI, SAVI, and MSAVI2 เพิ่มขึ้นเมื่อฝ้ายเจริญเติบโตถึงระยะกลางของระยะดอกบาน mid-flowering และ RVI กลับเพิ่มขึ้น และค่า NDVIGNDVI SAVI และ MSAVI2 กลับลดลงเมื่อฝ้ายเจริญเติบโตในระยะปลายของระยะดอกบานทั้งนี้อาจเกิดจากที่ระยะปลายของระยะดอกบานฝ้ายเกิดความเครียดจากการขาดแคลนไนโตรเจนเนื่องจากการพัฒนาของสมอฝ้ายและฝ้ายเริ่มเข้าสู่ระยะชราภาพ(senescence)





ภาพที่ 4ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพืชพรรณของฝ้ายในระยะสัปดาห์แรก ระยะกลาง และระยะปลายของระยะดอกบานกับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน ปี 2556 และ 2557

4.4ความสัมพันธ์ของค่าดัชนีพืชพรรณกับผลผลิตฝ้าย

ความสัมพันธ์ระหว่าง VIs และผลผลิตฝ้าย(ตารางที่ 4) เป็นแบบ quadratic regression models ในช่วงที่ฝ้ายเจริญเติบโตในระยะสัปดาห์แรกของระยะดอกบานในปี 2556และระยะปลายของระยะดอกบานในปี 2558 แต่ความสัมพันธ์เป็นแบบเส้นตรงเมื่อฝ้ายเจริญเติบโตในระยะกลางของระยะดอกบาน และระยะปลายของระยะดอกบานในปี 2556และที่ระยะ สัปดาห์แรกของระยะดอกบานถึงระยะกลางของระยะดอกบานในปี 2557โดยในปี 2556 ค่า VIs ของฝ้ายที่เติบโตในระยะสัปดาห์แรกของระยะดอกบานมีความสัมพันธ์ระดับปานกลางกับผลผลิตฝ้ายซึ่งค่า r^2อยู่ในช่วง0.62 ถึง 0.72 ความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นในระยะกลางของระยะดอกบาน โดยค่าr^2อยู่ในช่วง 0.78 ถึง 0.80 และความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้องเมื่อฝ้ายเจริญเติบโตสู่ระยะปลายระยะดอกบาน โดยค่า r^2อยู่ในช่วง 0.79 ถึง 0.81 ในขณะที่ในปี 2557 VIs มีความสัมพันธ์ในระดับปานกลางกับผลผลิตฝ้ายเช่นกัน โดยค่า r^2อยู่ในช่วง 0.68 ถึง 0.76 แต่ความสัมพันธ์ลดลงเมื่อฝ้ายเจริญเติบโตสู่ระยะกลางของระยะดอกบาน โดยค่าr^2อยู่ในช่วง0.56 ถึง 0.59 และกลับมีความสัมพันธ์สูงในระยะปลายของระยะดอกบานโดยค่า r^2อยู่ในช่วง 0.77 ถึง 0.91 ซึ่งจากผลการลดลองพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างVIs และผลผลิตฝ้ายขึ้นกับระยะการเจริญเติบโตของฝ้ายซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Li et al. (2001) and Gutierrez et al. (2012) ที่พบว่าผลผลิต และการดูดซึมธาตุ

ไนโตรเจนของฝ้าย สัมพันธ์กับค่า NDVI ในระยะดอกบานเต็มที่และความสัมพันธ์ระหว่าง VIs และผลผลิตฝ้ายมีความสัมพันธ์ต่ำในระยะต้นของการเจริญเติบโตซึ่งอาจเกิดจากในระยะต้นของการเจริญเติบโตฝ้ายยังมีขนาดเล็ก มวลชีวภาพมีอยู่น้อย ใบยังมีขนาดเล็กทำให้ไม่สามารถใช้เป็นดัชนีในการประมาณค่าความสามารถในการสังเคราะห์และและผลผลิตนอกจากนี้ Zhao et al. (2007) ยังรายงานว่าการเจริญเติบโตของฝ้ายระหว่างระยะเริ่มต้นของระยะดอกบาน และระยะดอกบานเต็มที่เป็นช่วงที่ดีที่สุดในการคาดการณ์ผลผลิตฝ้ายโดยการใช้ค่าการสะท้อนแสงของทรงพุ่มEmerine (2004) ยังรายงานว่าฝ้ายที่เจริญเติบโตในระยะเดียวกันแต่ปลูกต่างแปลงภายในปีเดียวกันแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง NDVI และผลผลิตที่แตกต่างกัน และรายงานว่าความสัมพันธ์ดังกล่าวอยู่ในระดับสูงเมื่อฝ้ายเจริญเติบโตในช่วงระยะเริ่มต้นของระยะดอกบาน และระยะดอกบานเต็มที่

การใช้ MLR เพื่อเพิ่มศักยภาพของ VIs ในระยะแรกของการเจริญเติบโตของฝ้ายโดยใช้ค่าวิเคราะห์ไนโตรเจนในใบ และ SPADที่ทำการจัดเก็บข้อมูลในช่วงเดียวกันเป็นปัจจัยร่วมเพื่อคาดการณ์ผลผลิตฝ้ายผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4 โดยในปี 2556 MLRs ที่ใช้ VIs ร่วมกับค่า SPADแสดงความสัมพันธ์ระดับปานกลางกับผลผลิตฝ้ายโดยมีค่า r^2อยู่ในช่วง 0.64 ถึง 0.67 ที่ระยะสัปดาห์แรกของระยะดอกบานซึ่งใกล้เคียงหรือต่ำกว่ากับการใช้ VIs เป็นปัจจัยต้นเพื่อคาดการณ์ผลผลิตซึ่งมีค่าr^2 อยู่ในช่วง 0.62 ถึง 0.72 อย่างไรก็ตาม MLRs ในระยะกลางของระยะดอกบานซึ่งค่าr^2อยู่ในช่าง 0.89 ถึง 0.90แสดงความสัมพันธ์ที่สูงกว่าการใช้ VIs เป็นปัจจัยต้นเพียงตัวเดียวซึ่งมีค่าr^2อยู่ในช่วง 0.78 ถึง 0.80 ในปี 2557MLRs ทั้งระยะสัปดาห์แรกของระยะดอกบานซึ่งมีค่า r^2อยู่ในช่วง 0.83 ถึง 0.88และระยะกลางของระยะดอกบาน ซึ่งมีค่า r^2อยู่ในช่วง 0.83 ถึง 0.84 แสดงความสัมพันธ์กับผลผลิตฝ้ายที่สูงกว่าการใช้ VIs เพียงปัจจัยเดียวเพื่อคาดการณ์ผลผลิตซึ่งมีค่า r^2อยู่ในช่วง 0.68 ถึง 0.76 ในระยะสัปดาห์แรกของระยะดอกบาน และ 0.56 ถึง 0.59 ที่ระยะกลางของระยะดอกบานในขณะMLRs ที่ใช้ VIs ร่วมกับค่าวิเคราะห์ไนโตรเจนในใบเป็นปัจจัยต้นร่วมกันเพื่อคาดการณ์ผลผลิตพบว่า ในปี 2556 MLRs มีค่า r^2อยู่ในช่วง 0.76 ถึง 0.80ในระยะสัปดาห์แรกของระยะดอกบาน และมีค่าเท่ากับ 0.88 ที่ระยะกลางของระยะดอกบาน ขณะที่ในปี 2557 ค่า r^2 อยู่ในช่วง 0.87 ถึง 0.88 ในระยะสัปดาห์แรกของระยะดอกบาน และมีค่าเท่ากับ 0.73 ที่ระยะกลางของระยะดอกบาน

ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่า MLRs ที่ใช้ VIs ร่วมกับค่าวิเคราะห์ไนโตรเจนในใบแสดงความสัมพันธ์กับผลผลิตสูงกว่าสมการเส้นตรง หรือ quadratic models เมื่อฝ้ายเจริญเติบโตในระยะสัปดาห์แรกของระยะดอกบาน แต่ที่ระยะกลางของระยะดอกบาน MLRs ที่ ใช้ VIs ร่วมกับค่าวิเคราะห์ไนโตรเจนในใบ สัมพันธ์กับผลผลิตฝ้ายใกล้เคียงกับสมการเส้นตรงและ quadratic models ที่ใช้ VIs เป็นปัจจัยต้นเพียงตัวเดียวMLRs ที่ใช้ตัวแปรต้น 3 ตัวแปร ได้แก่VIs SPAD และค่าวิเคราะห์ไนโตรเจนในใบเพื่อคาดการณ์ผลผลิตฝ้ายในปี 2556 มีค่าr^2อยู่ในช่วง 0.76 ถึง 0.80 เมื่อฝ้ายเจริญเติบโตในระยะสัปดาห์แรกของระยะดอกบาน และอยู่ระหว่าง 0.92 to 0.93 เมื่อฝ้ายเจริญเติบโตในระยะกลางของระยะดอกบาน และในปี 2557ค่า r^2 ของ MLRsเมื่อฝ้ายเจริญเติบโตในระยะสัปดาห์แรกของระยะดอกบาน อยู่ในช่วง 0.88 ถึง 0.89 และอยู่ในช่วง 0.83 ถึง 0.92 เมื่อฝ้ายเจริญเติบโตในระยะกลางของระยะดอกบาน แต่อย่างไรก็ตามแม้ MLRsที่ใช้ตัวแปรต้น 3 ตัวร่วมกันเพื่อคาดการณ์ผลผลิตฝ้ายมีค่า r^2สูงแต่สมการส่วนใหญ่ประสบปัญหากับmulticollinearity ซึ่งมีเพียงสมการที่ได้จากข้อมูลของฝ้ายที่เจริญเติบโตในระยะกลางของระยะดอกบานในปี 2556 ที่ไม่เกิดปัญหา multicollinearity.

ตารางที่ 4 ค่า r^2ของสมการคาดการณ์ผลผลิตฝ้ายแบบ linear, non-linear และ multiple linear regressionsที่ระยะสัปดาห์แรก และระยะกลางของระยะดอกบานในปี 2556 และปี 2557

2556สัปดาห์แรกของระยะดอกบาน					
สมการ	RVI	NDVI	GNDVI	SAVI	MSAVI2
Simple Linear	0.56***	0.53***	0.65***	0.56***	0.59***
Quadratic	0.66***	0.62**	0.72***	0.62**	0.66***
MLR)VI *Leaf N(	0.77***	0.76***	0.80***	0.76***	0.77***
MLR)VI*SPAD(	0.65**	0.64**	0.67***	0.64**	0.65**
MLR)VI *Leaf N *SPAD(	0.77***M	0.76*** M	0.80*** M	0.76*** M	0.77*** M
2556ระยะกลางของระยะดอกบาน					
สมการ	RVI	NDVI	GNDVI	SAVI	MSAVI2

Simple Linear	0.80***	0.78***	0.80***	0.80***	0.80***
Quadratic	0.82***	0.81***	0.83***	0.81***	0.82***
MLR)VI *Leaf N(	0.88***	0.88***	0.88***	0.88***	0.88***
MLR)VI*SPAD(	0.90***	0.90***	0.90***	0.89***	0.90***
MLR)VI *Leaf N *SPAD(	0.93***	0.93***	0.93***	0.92***	0.93***
2556ระยะปลายของระยะดอกบาน					
สมการ	RVI	NDVI	GNDVI	SAVI	MSAVI2
Simple Linear	0.81***	0.81***	0.79***	0.81***	0.81***
Quadratic	0.82***	0.81***	0.79***	0.81***	0.82***
2557สัปดาห์แรกของระยะดอกบาน					
สมการ	RVI	NDVI	GNDVI	SAVI	MSAVI2
Simple Linear	0.76***	0.76***	0.68***	0.76***	0.76***
Quadratic	0.76***	0.76***	0.68***	0.76***	0.76***
MLR)VI*Leaf N(	0.88***	0.87***	0.87***	0.87***	0.88***
MLR)VI*SPAD(	0.88***	0.87***	0.83***	0.87***	0.88***
MLR)VI *Leaf N *SPAD(	0.88***MN	0.88*** MN	0.89*** MN	0.88*** MN	0.88*** MN
2557ระยะกลางของระยะดอกบาน					
สมการ	RVI	NDVI	GNDVI	SAVI	MSAVI2
Simple Linear	0.59***	0.58***	0.56***	0.58***	0.59***
Quadratic	0.64**	0.64**	0.64**	0.64**	0.64**
MLR)VI *Leaf N(	0.73***	0.73***	0.73***	0.73***	0.73***
MLR)VI*SPAD(	0.84***	0.83***	0.83***	0.83***	0.84***
MLR)VI *Leaf N *SPAD(	0.84*** M	0.83*** M	0.92*** M	0.83*** M	0.84*** M
2557ระยะปลายของระยะดอกบาน					
สมการ	RVI	NDVI	GNDVI	SAVI	MSAVI2
Simple Linear	0.85***	0.88***	0.89***	0.88***	0.73***
Quadratic	0.90***	0.91***	0.90***	0.91***	0.77***

*** = model was significant at $p < 0.001$

M = multicollinearity

5. สรุปผล

5.1 ค่าดัชนีพืชพรรณที่คำนวณจากข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศสามารถแยกแยะข้าวโพดที่ได้รับปริมาณไนโตรเจนที่ต่างกัน อีกทั้งสามารถใช้ในการคาดการณ์ผลผลิตได้ตั้งแต่ข้าวโพดเจริญเติบโตในระยะ V5-V6 แต่อย่างไรก็ตามค่าดัชนีพืชพรรณที่ระยะ V8-V9 มีความสัมพันธ์กับผลผลิตที่สูงกว่า การใช้ค่าดัชนีพืชพรรณรวมกับค่าวิเคราะห์ไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืช หรือค่าปริมาณคลอโรฟิลล์สามารถทำให้การคาดการณ์ผลผลิตได้แม่นยำยิ่งขึ้น แต่การใช้ค่าดัชนีพืชพรรณค่าวิเคราะห์ไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืชและค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ ร่วมกัน 3 ตัวแปรมีปัญหาอันเกิดจาก multicollinearity

5.2 การใช้ค่าดัชนีพืชพรรณในการศึกษาความสัมพันธ์กับอัตราปุ๋ยไนโตรเจนยังให้ผลไม่แน่นอน ทั้งนี้อาจเกิดจากความแปรปรวนของสภาพอากาศที่ต่างกันของปีที่ทำการทดลอง และเกิดจากการทดลองต่างพื้นที่ ซึ่งส่งผลให้ชนิดของดินและสภาพอากาศต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามค่าดัชนีพืชพรรณสามารถใช้ในการคาดการณ์ผลผลิตฝ้ายได้ตั้งแต่ระยะสัปดาห์แรกของระยะดอกบาน แต่ในระยะกลางและระยะปลายของระยะดอกบานเต็มที่ให้ผลที่ดีกว่า การใช้สมการMLRs ที่มีตัวแปรต้น 2ตัวให้ผลที่ดีกว่าการใช้ค่าดัชนีพืชพรรณเป็นตัวแปรต้นเพียงอย่างเดียวในการคาดการณ์ผลผลิต

6.เอกสารอ้างอิง

Arnall, B. and R. Boman. 2013. Cotton Yield Goal - Nitrogen Rate Recommendation. Oklahoma Cooperative Extension Service. http://pods.dasnr.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/Document-8257/PSS-2158.pdf

Bender, R. R., J. W. Haegele, M. L. Ruffo, and F. E. Below. 2013. Modern Corn Hybrids' Nutrient Uptake Patterns. Better Crops. 97(1): 7-10.

Blackmer, T. M. and J. S. Schepers. 1995. Use of a Chlorophyll Meter to Monitor Nitrogen Status and Schedule Fertigation for Corn. J. Prod. Agric. 8(1): 56-60.

Bronson, K.F., Chua, T.T., Booker, J.D., Keeling, J.W., Lascano, R.J., 2003. In-season nitrogen status sensing in irrigated cotton. II. Leaf nitrogen and biomass. Soil Science Society of America Journal. 67(5) 1439–1448.

Bullock, D. G. and D. S. Anderson. 1998. Evaluation of the Minolta SPAD-502 chlorophyll meter for nitrogen management in corn. Journal of Plant Nutrition. 21(4): 741-755.

Buscaglia, H.J., Varco, J.J., 2002. Early detection of cotton leaf nitrogen status using leaf reflectance. J. Plant Nutr. 25, 2067–2080.

Diker, K. and W. C. Bausch. 2003. Potential use of nitrogen reflectance index to estimate plant parameters and yield of maize. Biosys Eng. 85(4):437–447.

Gotway, C. A. and A. H. Hartford. 1996. Geostatistical Methods for Incorporating Auxiliary Information in the Prediction of Spatial Variables. Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics. 1(1): 17-39.

Graham, M. H. 2003. Confronting multicollinearity in ecological multiple regression. Ecology. 84(11): 2809-2815.

Gutierrez, Mario, R. Norton, K. R. Thorp, and G. Wang. 2012. Association of Spectral Reflectance Indices with Plant Growth and Lint Yield in Upland Cotton. Crop Science, 52: 849-857.

Hatfield, J. L., A. A. Gitelson, J. S. Schepers, and C. L. Walthall. 2008. Application of Spectral Remote Sensing for Agronomic Decisions. Agronomy Journal. 100: S-117-S-131.

Havlin, J. L., J. D. Beaton, S. L. Tisdale, and W. L. Nelson. 2004. Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management (7th Edition). Pearson Education/Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, New Jersey.

Hinzman, L.D., M.E. Bauer, and C.S.T. Daughtry. 1986. Effects of nitrogen fertilization on growth and reflectance characteristics of winter wheat. Remote Sens. Environ. 19:47-61.

Larson, E. 2009. Bird Repellent and Nitrogen Application Suggestions. Grain Crops Update. Mississippi State University Extension service. http://msucares.com/newsletters/grain/2009/march27_2009.pdf

Larson, E. and L. Oldham. 2008. Corn Fertilization. The Mississippi State University Service. http://msucares.com/pubs/infosheets/is0864.pdf

Li, H., R.J. Lascano, E.M. Barnes, J. Booker, L.T. Wilson, K.F. Bronson, and E. Segarra. 2001. Multispectral reflectance of cotton related to plant growth, soil water and texture, and site elevation. Agron. J. 93:1327–1337.

Liu, K. and P. Wiatrak. 2011. Corn Production and Plant Characteristics Response to N Fertilization Management in Dry-land Conventional Tillage System. International Journal of Plant Production. 5(4): 405-416.

Lund, E. D., C. D. Christy, P. E. Drummond. 2000. Using Yield and Soil Electrical Conductivity (EC) Maps to Derive Crop Production Performance Information. Presented at the 5th International Conference on Precision Agriculture 2000. 8 p.

Ma, B.L., M. J. Morrison., and L.M. Dwyer. 1996. Canopy light reflectance and field greenness to assess nitrogen fertilization and yield of corn. Agron. J. 88: 915-920.

Main, C.L., L.T. Barber, D.M. Dodds, K. Edmisten, M.A. Jones, J.R. Whitaker, G.A. Morgan, J.C. Banks, R.K. Boman, and E.R. Norton. 2010. Nitrogen use requirements of modern cotton cultivars based on seed size. Proc. Beltwide Cotton Conf., New Orleans, LA. 4-7 January. Natl. Cotton Council, Memphis, TN (CD-ROM).

Main, C.L., L.T. Barber, D.M. Dodds, S.R. Duncan, K.L. Edmisten, M.A. Jones, J.R. Whitaker, G. Morgan, S. Osborne, R.K. Boman, R. Norton, and R.L. Nichols. 2011. Cotton cultivar response to nitrogen fertilization. Proc. Beltwide Cotton Conf., Atlanta, GA. 4-7 January. Natl. Cotton Council, Memphis, TN (CD-ROM).

Nellis, M.D., K.P. Price, and D. Rundquist. 2009. Remote Sensing of Cropland Agriculture. Papers in Natural Resources. Paper 217. University of Nebraska – Lincoln. http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1219&context=natrespapers

Phipps, B., G. Stevens, and D. Dunn. 2004. Determining the Correct Nitrogen Rate for Cotton Following Soybeans. Second Year (2004) Progress report. http://aes.missouri.edu/pfcs/research/prop803a.pdf

Raun, W. R., J. B. Solie, G. V. Johnson, M. L. Stone, E. V. Lukina, W. E. Thomason, and J. S. Schepers. 2001. In-Season Prediction of Potential Grain Yield in Winter Wheat Using Canopy Reflectance. Agron. J. 93(1): 131-138.

Sawyer, J., E. Nafziger, G. Randall, L Bundy, G. Rehm, B. Joern. 2006. Concepts and Rationale for Regional Nitrogen Rate Guidelines for Corn. 27p.

Scharf, P. C., N. R. Kitchen, K. A. Sudduth, J. A. Lory, W. G. Stevens, L.F. Oliveira, D. K. Shannon, H. Palm, J. G. Davis, E. D.Voriese, D. J. Dunnc and A.P. Jones. 2010. Precision nitrogen fertilizer management of maize and cotton using crop sensors. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World 29 1 -6 August 2010, Brisbane, Australia. pp 29-32.

Schepers, J.S., D.D. Francis, M.F. Vigil, and F.E. Below. 1992. Comparison of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter readings. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 23:2173–2187.

Shanahan, J. F., J. S. Schepers, D. D. Francis, G. E. Varvel, W. W. Wilhelm, J. M. Tringe, M. R. Schlemmer, and D. J. Major. 2001. Use of Remote-Sensing Imagery to Estimate Corn Grain Yield. Agron. J. 93:583–589.

Sui, R. and J. A. Thomasson. 2006. Ground-Based Sensing System for Cotton Nitrogen Status Determination. American Society of Agricultural and Biological Engineers. 49(6): 1983–1991.

Teal, R. K., B. Tubana, K. Girma, K. W. Freeman, D. B. Arnall, O. Walsh, W. R. Raun. 2006. In-Season Prediction of Corn Grain Yield Potential Using Normalized Difference Vegetation Index. Agron. J. 98:1488–1494.

Varvel, G.E., J.S. Schepers, and D.D. Francis. 1997. Ability for in-season correction of nitrogen deficiency in corn using chlorophyll meters. Soil Sci. Soc. Am. J. 61:1233-1239.

Walker, T. W. and J. M. Satterfield. 2009. Managing Nitrogen In Rice With Precision: Is It Possible?.Twelfth Annual National Conservation Systems Cotton & Rice Conference Proceedings Book. 19-21.

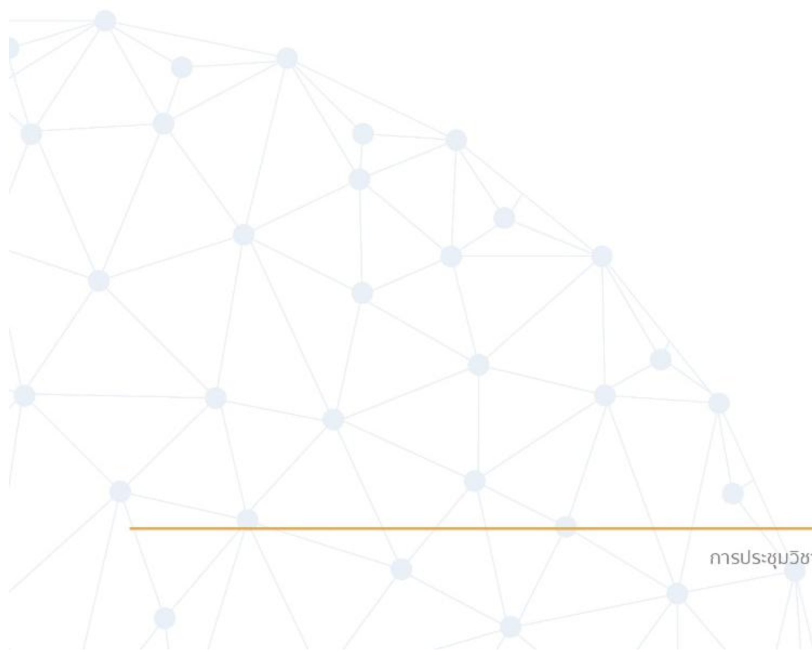
Yang, C. and L. G. Anderson. 1996. Determining within-field managementzones for grain sorghum using aerial videography. Proceedings of the 26th International Symposium on Remote Sensing of Environment, Vancouver, BC, Canada. 606–611.

Yin, X., R. M. Hayes, M. A. McClure, and H. J. Savoy. 2012. Assessment of plant biomass and nitrogen nutrition with plant height in early to mid-season corn. Sci Food Agric. 92: 2611–2617

Zhang, J, A. M. Blackmer, J. W. Ellsworth, and K. J. Koehler. 2008. Sensitivity of Chlorophyll Meters for Diagnosing Nitrogen Deficiencies of Corn in Production Agriculture. Agron. J. 100:543–550.

Zhao, D., K.R. Reddy, V.G. Kakani, J.J. Read, and G.A. Carter. 2003. Corn (Zea mays L.) growth, leaf pigment concentration,photosynthesis and leaf hyperspectral reflectance properties as affected by nitrogen supply. Plant Soil. 257:205–217.

Zhao, D., K. R. Reddy, V. G. Kakani, J. J. Read, S. Koti. 2007. Canopy reflectance in cotton for growth assessment and lint yield prediction. Europ. J. Agronomy. 26: 335–344



รีโมทเซนซิงสำหรับการประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ต่างชนิด

Remote Sensing for Estimation of Net Primary Productivity (NPP) of Different Forest Types

ชณัฐฎา แสงงาม อริศรา เจริญปัญญาเนตร และพลภัทร เหมวรรณ

Chanatda Sangngam Arisara Charoenpanyanet, and Phonpat Hemwan

ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ)

โทรศัพท์ 053-943580 โทรสาร 053-943580 e-mail: gistnorth@hotmail.com

บทคัดย่อ

รีโมทเซนซิงสำหรับการประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ต่างชนิดครั้งนี้ ดำเนินการในพื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน โดยมีวัตถุประสงค์การศึกษา คือ 1) เพื่อจำแนกประเภทป่าไม้ด้วยเทคนิคการจำแนกเชิงวัตถุ และ 2) เพื่อประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ต่างชนิดจากภาพดาวเทียมLandsat 8 OLI ปี 2558 วิธีการศึกษาเป็นการใช้ วิธีการจำแนกเชิงวัตถุ (Object based classification) จำแนกประเภทป่าผลัดใบและป่าไม่ผลัดใบ ส่วนการประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ต่างชนิดเป็นการใช้แบบจำลอง 3PGs และทำการตรวจสอบความถูกต้องของผลการประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิกับข้อมูลภาคสนาม ซึ่งผลการจำแนกประเภทป่าไม้ พบว่าพื้นที่ภาคเหนือตอนบนมีพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด 59,414 ตารางกิโลเมตร แบ่งออกเป็นป่าผลัดใบและป่าไม่ผลัดใบทั้งสิ้น 44,062 และ 15,352 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ส่วนปริมาณผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิ พบว่าพื้นที่ป่าไม้มีปริมาณผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 5.1173 gC/m²/day โดยป่าผลัดใบและป่าไม่ผลัดใบมีปริมาณผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 4.8337 และ 5.4008 gC/m²/day ตามลำดับ และความสัมพันธ์ของผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิจากแบบจำลอง 3PGs และข้อมูลจากภาคสนามของป่าผลัดใบและป่าไม่ผลัดใบพบว่ามีค่า R^2 เท่ากับ 0.7130 และ 0.7634 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิแบบจำลอง 3PGs การจำแนกเชิงวัตถุ ป่าไม้ต่างชนิด Landsat 8 OLI

ABSTRACT

Remote sensing for estimation of Net Primary Productivity (NPP) of different forest types performs in upper Northern Thailand. Ithas two objectives; 1) to classify forest types using object based classification and 2) to estimate NPP of different forest types from Landsat 8 OLI in 2015.Object based classification methodwas used toclassify deciduous forest and evergreen forest. 3PGs model was used to estimate NPP and NPP results was calibrated from field surveying data.Image classificationresult showed thatupper Northern Thailand is covered with forest area are about 5 9 ,4 1 4 sq.km. They were divided into deciduous forest (44,062 sq.km.) and evergreen forest (15,352 sq.km.). NPP estimation result showed that average NPP of forest area is 5.1173 gC/m²/day. They are deciduous forest and evergreen forest with 4.8337 and 5.4008gC/m²/day respectively. Relationship between NPP from 3PGs model and field surveying showed that R^2 of deciduous forest and evergreen forest are 0.7130and0.7634 respectively.

KEY WORDS: Net Primary Productivity (NPP), 3PGs model, object-based classification, different forest types, Landsat 8 OLI

1. บทนำ

ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอันเป็นผลมาจากภาวะโลกร้อน ได้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและทวีความรุนแรงมากขึ้นทุกขณะ นับตั้งแต่ต้นศตวรรษที่ 20 เป็นต้นมา อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้นประมาณ 0.6 องศาเซลเซียส โดยถือว่าเป็นการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกที่สูงที่สุดในรอบ 400-600 ปี จากรายงานของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) คาดว่าในศตวรรษที่ 21 นี้ โลกจะมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1.4 – 5.8 องศาเซลเซียส ระดับน้ำทะเลจะเพิ่มขึ้น 0.09 - 0.88 เมตร ซึ่งการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและระดับน้ำทะเลนี้ สามารถทำให้เกิดน้ำท่วมเกาะต่างๆ ทำลายแนวปะการัง และมีผลให้เกิดการละลายของภูเขาน้ำแข็งในแถบขั้วโลกเหนือและใต้ อีกทั้งอาจทำให้เศษหนึ่งส่วนสี่ของสายพันธุ์สัตว์และพืชเกือบสูญพันธุ์ได้ ก่อนปี พ.ศ. 2050 นักเศรษฐศาสตร์ด้านสิ่งแวดล้อมชั้นนำของโลก ได้ประมาณการว่า หากไม่มีการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น การเปลี่ยนแปลงทางสภาพภูมิอากาศจะสร้างความเสียหายถึง 1 ใน 5 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติของทั้งโลก ซึ่งสูงกว่าความเสียหายจากวิกฤตทางการเงินมาก

จากสถานการณ์ข้างต้น ทำให้ปัญหาดังกล่าวได้กลายเป็นปัญหาที่ทั่วโลกตระหนักถึงความสำคัญ และร่วมกันหาทางออก จนกระทั่งได้มีการทำอนุสัญญาว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) ร่วมกัน เพื่อแก้ปัญหาภาวะโลกร้อน และในภายหลังได้มีการทำข้อตกลงเพิ่มเติม ได้แก่ พิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) เพื่อให้ความร่วมมือในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกมีผลบังคับทางกฎหมาย โดยกำหนดให้ภายในปี พ.ศ. 2555 ทั่วโลกลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงจากปี พ.ศ. 2533 ร้อยละ 5.2 และผลักดันให้กลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้วและเป็นผู้ปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายใหญ่เป็นผู้นำในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ทั้งนี้ ก๊าซเรือนกระจกภายใต้พิธีสารเกียวโต จะครอบคลุมเฉพาะก๊าซที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์เท่านั้น ซึ่งประกอบไปด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2) ก๊าซมีเทน (CH4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N2O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (NFC) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) และก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF6) ซึ่งก๊าซที่เป็นตัวการสำคัญในการก่อให้เกิดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่มาจากกิจกรรมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นกิจกรรมของภาคการเกษตร กิจกรรมของภาคเมือง กิจกรรมของภาคอุตสาหกรรม รวมไปถึงการตัดไม้ทำลายป่าที่เป็นการทำลายตัวดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการตัดไม้ทำลายป่าทำให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศกว่าร้อยละ 20
การศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการตอบสนองสถานการณ์ รวมถึงเจตนารมณ์ของหน่วยงานชั้นนำของโลกที่ได้ให้ความสำคัญกับเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศที่ถือว่าเป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพและมีความเหมาะสมอย่างยิ่งมาช่วยประเมินศักยภาพของพื้นที่ ซึ่งการศึกษาเกี่ยวกับการกักเก็บคาร์บอนของป่าเขตร้อนชื้นจึงเป็นประเด็นที่สำคัญเป็นอย่างยิ่ง ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการประเมินพื้นที่นำร่องในภาคเหนือตอนบนเกี่ยวกับปริมาณคาร์บอนที่เหลือจากการหายใจและสังเคราะห์แสง (Net Primary Productivity: NPP) ของป่าแต่ละประเภท

2. วัตถุประสงค์

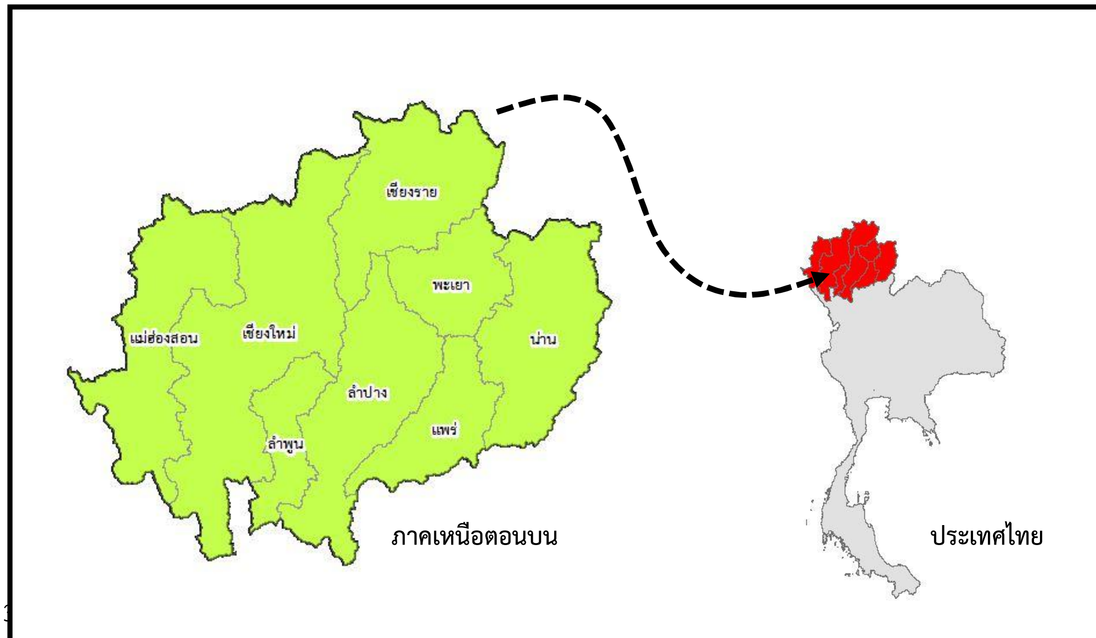
1. เพื่อจำแนกประเภทป่าไม้ด้วยเทคนิคการจำแนกเชิงวัตถุครอบคลุมพื้นที่8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน
2. เพื่อประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ต่างชนิดจากภาพดาวเทียมครอบคลุมพื้นที่8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน

3. วิธีการวิจัย

รีโมทเซนซิงสำหรับการประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ต่างชนิดครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกประเภทป่าไม้ด้วยเทคนิคการจำแนกเชิงวัตถุและทำการตรวจหาปริมาณคาร์บอนกักเก็บของป่าไม้ต่างชนิดจากภาพดาวเทียมครอบคลุมพื้นที่8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน โดยทำการศึกษาจากเอกสารวิชาการ คู่มือ สิ่งพิมพ์ วิทยานิพนธ์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากหน่วยงานต่างๆ ดังนี้

3.1 พื้นที่ศึกษา

ในการประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ต่างชนิดครั้งนี้ ทำการศึกษาในพื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน ซึ่งประกอบด้วย จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดพะเยา จังหวัดลำพูน จังหวัดลำปาง จังหวัดแพร่ จังหวัดน่าน และจังหวัดแม่ฮ่องสอน ซึ่งมีพื้นที่ทั้งหมด 88,199.98 ตารางกิโลเมตร มีตำแหน่งทางภูมิศาสตร์อยู่ระหว่างละติจูด 17 องศา 15 ลิปดาเหนือถึงละติจูด 20 องศา 30 ลิปดาเหนือและลองจิจูด 97 องศา 15 ลิปดาตะวันออกถึงลองจิจูด 101 องศา 30 ลิปดาตะวันออก(รูปที่ 1)



รูปที่ 1พื้นที่ศึกษา

3.2 ข้อมูลและแหล่งข้อมูล

3.2.1 ข้อมูลปฐมภูมิ

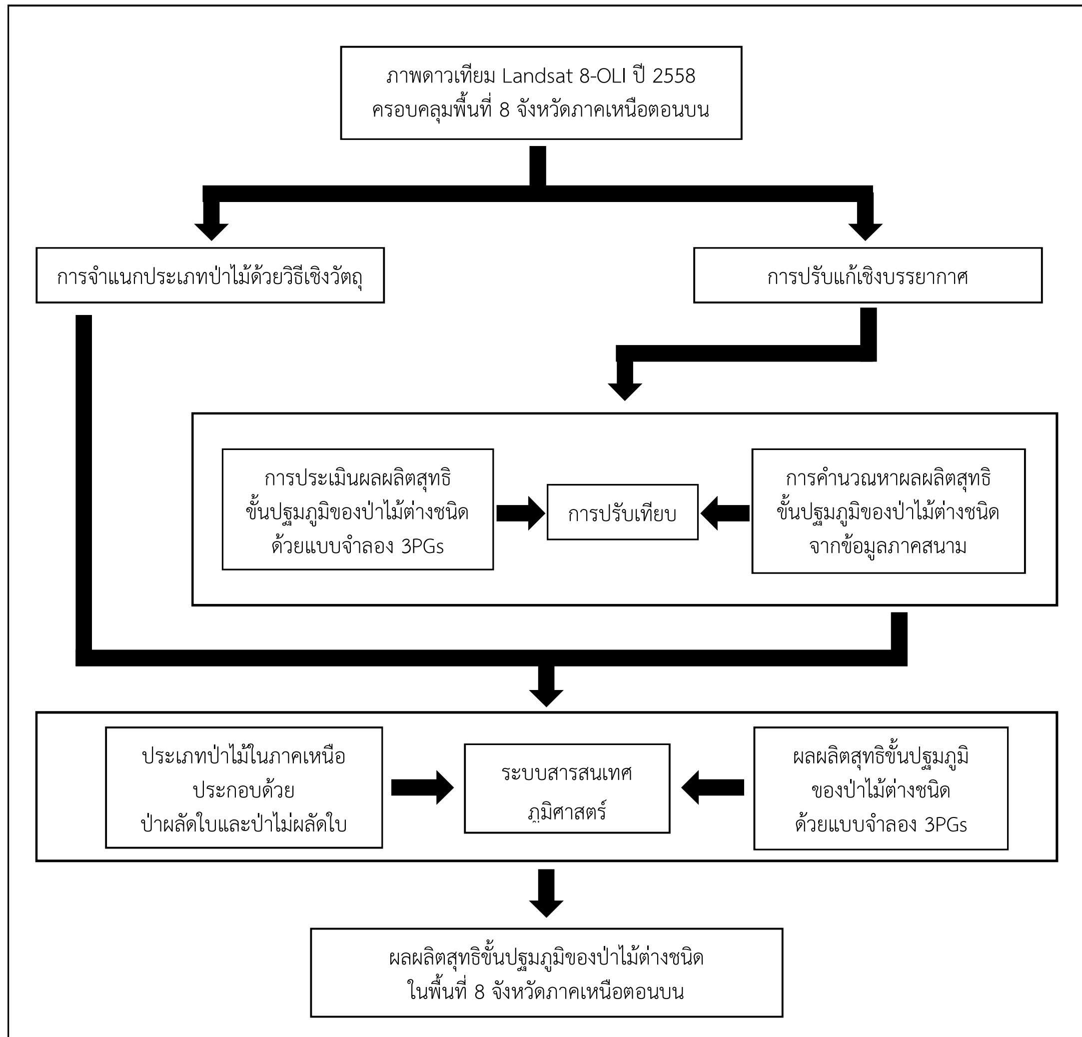
- ข้อมูลภาพดาวเทียม Landsat 8-OLI ปี 2558 รายละเอียดจุดภาพ 30 เมตร ครอบคลุมพื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน ซึ่งทำการดาวน์โหลดจากเว็บไซต์ของ USGS(www.glovis.usgs.gov)
- จุดตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำแนกจากการออกภาคสนาม

3.2.1ข้อมูลทุติยภูมิ

- ข้อมูลการสำรวจความหลากหลายของพรรณไม้ จากกลุ่มงานวิชาการ สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 16 (เชียงใหม่)
- จุดตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำแนกจากฐานข้อมูลป่าไม้ของกรมพัฒนาที่ดิน
- การทบทวนงานวิจัย รวมถึงเอกสารวิชาการ คู่มือ สิ่งพิมพ์ และวิทยานิพนธ์ที่เกี่ยวข้อง
- ค่ารังสีดวงอาทิตย์จากที่ได้จากสถานีวัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ในพื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน

3.3ขั้นตอนการศึกษา

ในการประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ต่างชนิดในพื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบนด้วยแบบจำลอง3PGs มีขอบเขตการศึกษา (รูปที่ 2) สรุปได้ดังนี้



รูปที่ 2 กรอบแนวคิดในการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษาเริ่มจากการจำแนกป่าไม้ต่างชนิดครอบคลุมพื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือด้วยวิธีการเชิงวัตถุโดยใช้ภาพดาวถ่ายเทียม Landsat 8-OLI ปี 2558 ในการจำแนก ซึ่งทำการจำแนกออกเป็น 2 ประเภทด้วยกัน คือ ป่าผลัดใบและป่าไม่ผลัดใบ จากนั้นทำการประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้จากภาพดาวเทียมด้วยแบบจำลอง 3PGs และทำการหาผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้จากภาพดาวเทียมของป่าไม้ต่างชนิด โดยอาศัยฐานข้อมูลประเภทป่าไม้ที่ได้ทำการจำแนกในวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อให้ได้มาซึ่งผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าผลัดใบและป่าไม่ผลัดใบ จากนั้นทำการประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้จากข้อมูลภาคสนาม โดยนำข้อมูลเส้นผ่าศูนย์กลางระดับอกและความสูงต้นไม้ที่ได้จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเข้าสู่สมการแอลโลเมตรี เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ต่างชนิดจากภาพดาวเทียมและผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้จากข้อมูลภาคสนามในตำแหน่งเดียวกันว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่อย่างไรโดยมีขั้นตอนการทำงานดังต่อไปนี้

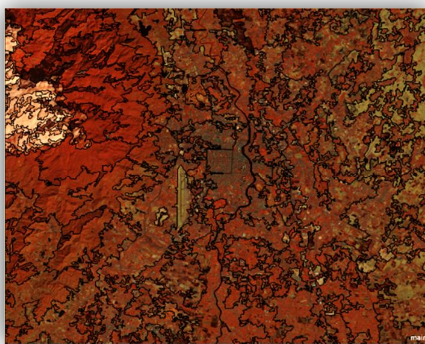
3.3.1 การจำแนกประเภทป่าไม้ด้วยเทคนิคการจำแนกเชิงวัตถุครอบคลุมพื้นที่ภาคเหนือตอนบน

ในการศึกษาครั้งนี้ ทำการจำแนกประเภทป่าไม้ในพื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบนในปี 2558 ด้วยวิธีเชิงวัตถุ โดยใช้โปรแกรม eCognition Developer 7.0 ในการจำแนก ซึ่งมีขั้นตอนการจำแนก 6ขั้นตอนด้วยกันดังนี้

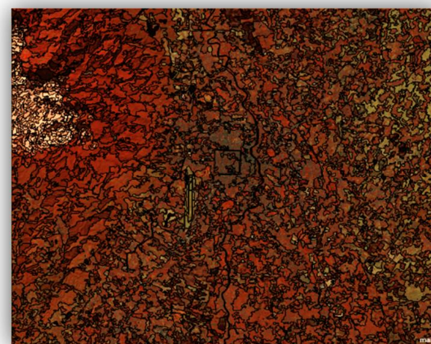
3.3.1.1 การเตรียมข้อมูลภาพดาวเทียมทำการดาวน์โหลดภาพดาวเทียมLandsat8-OLIจากเว็บไซด์ของ USGS (www.glovis.usgs.gov) ครอบคลุมพื้นที่8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน จำนวน 9 ระวาง ประกอบด้วย ระวาง 129047, 130046, 130047, 130048, 131046, 131047, 131048, 132046 และ 132047 โดยเป็นภาพที่ถ่ายในช่วงเวลาใกล้เคียงกันและไม่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพข้อมูลภาพใดๆ จากนั้นทำการรวมแบนด์ภาพดาวเทียมจนครบทั้ง 9 ระวาง

3.3.1.2การนำเข้าข้อมูลภาพ ทำการนำเข้าข้อมูลภาพดาวเทียม Landsat 8-OLI ทั้ง 11 ช่วงคลื่น และนำเข้าข้อมูลความสูงเชิงเลข(DEM) ของพื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน โดยในการจำแนกครั้งนี้ เป็นการจำแนกประเภทป่าไม้ จึงใช้ภาพผสมสีเท็จ RGB: 567ในการแสดงผล เพื่อเน้นบริเวณพื้นที่ที่มีพืชปกคลุมให้เป็นสีส้ม เพื่อง่ายต่อการแปลตีความ

3.3.1.3การสร้างวัตถุภาพในการจำแนกประเภทป่าไม้ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนครั้งนี้ ใช้วิธีการสร้างวัตถุภาพแบบ Multiresolution Segmentation ในการสร้างวัตถุภาพทำการกำหนดค่า Scale Parameter เพื่อกำหนดขนาดของวัตถุภาพให้เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษา โดยมีค่าระหว่าง 0-1,000,000 และทำการกำหนดค่า Composition of Homogeneity Criterion ซึ่งเป็นการกำหนดค่าคุณลักษณะของรูปร่าง(Shape) สี(Color) ความเกาะกลุ่ม(Compactness) และความเรียบ(Smoothness) โดยค่า Shape จะแปรผกผันกับค่า Color และค่า Compactness จะแปรผกผันกับค่า Smoothness โดยทั้ง 2 ค่า มีค่าระหว่าง 0-1 ซึ่งในการสร้างวัตถุภาพในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการทดลองกำหนดค่าของตัวแปรต่างๆ หลายครั้งเพื่อให้ได้มาซึ่งการสร้างขนาดวัตถุภาพให้เหมาะสมกับพื้นที่ภาคเหนือตอนบน โดยทำการสร้างวัตถุภาพจากจากละเอียดไปหยาบ คือ สร้างจากชั้นข้อมูลที่สองไปชั้นข้อมูลที่หนึ่ง และจากการทดลองการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรต่างๆ ได้พิจารณาให้ค่าความสำคัญของรูปร่างน้อยกว่าค่าสี และการเกาะกลุ่มเท่ากับความเรียบ ซึ่งในการจำแนกครั้งนี้ได้แบ่งชั้นข้อมูลออกเป็น 2 ชั้นข้อมูลด้วยกัน และพบว่า ค่า Scale Parameter, Shapeและ Compactnessที่เหมาะสมสำหรับการแบ่งส่วนภาพของชั้นข้อมูลที่หนึ่ง เท่ากับ 600, 0.1 และ 0.5 ส่วนชั้นข้อมูลที่สอง เท่ากับ 200, 0.1 และ 0.5 ตามลำดับ (รูปที่ 3)โดยทำการสร้างวัตถุภาพของภาพดาวเทียมแต่ละระวางจนครบ 9 ระวาง



1



2

รูปที่ 3 การสร้างวัตถุภาพ 1)ชั้นข้อมูลที่หนึ่งและ 2)ชั้นข้อมูลที่สอง

3.3.1.4 การสร้างชั้นข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ ได้การจำแนกประเภทป่าไม้ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ด้วยกัน ประกอบด้วย ป่าผลัดใบและป่าไม่ผลัดใบ โดยได้ทำการสร้างชั้นข้อมูล 2 ชั้นข้อมูลด้วยกัน คือ ชั้นข้อมูลที่หนึ่ง ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้และพื้นที่ที่ไม่ใช่พื้นที่ป่าไม้ ชั้นข้อมูลที่สอง ได้แก่ ป่าผลัดใบ ป่าไม่ผลัดใบ และพื้นที่ที่ไม่ใช่พื้นที่ป่าไม้

3.3.1.5การสร้างพื้นที่ตัวอย่างและการจำแนกข้อมูลสำหรับการสร้างพื้นที่ตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ สร้างจากจุดข้อมูลการวางแปลงสำรวจความหลากหลายของพรรณไม้ที่ได้จากกลุ่มงานวิชาการ สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 16 (เชียงใหม่) ฐานข้อมูลประเภทป่าไม้ของกรมพัฒนาที่ดิน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยในการเลือกพื้นที่ตัวอย่าง เพื่อเป็นตัวแทนของชั้นข้อมูล จะทำการเลือกตัวอย่างของชั้นข้อมูลย่อยในชั้นข้อมูลที่หนึ่ง ซึ่งเป็นชั้นข้อมูลที่มีการแบ่งวัตถุภาพหยาบกว่าไปยังชั้น

ข้อมูลที่สอง โดยชั้นข้อมูลที่หนึ่งทำการสร้างพื้นที่ตัวอย่างของพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่ที่ไม่ใช่พื้นที่ป่าไม้ ขั้นตอนต่อไปเป็นขั้นตอนของการจำแนกข้อมูล เพื่อให้ได้มาซึ่งพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่ที่ไม่ใช่พื้นที่ป่าไม้ ซึ่งในการจำแนกข้อมูลชั้นที่หนึ่งนั้นเป็นเพียงการจำแนกแบบหยาบ เพื่อแยกหรือกรองข้อมูลประเภทอื่นออกจากพื้นที่ป่าไม้ ไม่ว่าจะเป็น พื้นที่เกษตร พื้นที่ว่างเปล่า เมฆ เงา ที่อยู่อาศัย และแหล่งน้ำ ซึ่งจะถูกจำแนกออกมารวมกันเป็นชั้นข้อมูลของพื้นที่ที่ไม่ใช่พื้นที่ป่าไม้ โดยภาพดาวเทียมบางระวางได้มีการกำหนดเงื่อนไขให้กับชั้นข้อมูล เนื่องจากเมื่อจำแนกข้อมูลออกมาแล้วมีวัตถุภาพบางวัตถุไปปะปนในชั้นข้อมูลอื่น จึงได้ทำการกำหนดเงื่อนไขของค่าสะท้อนในแต่ละช่วงคลื่นให้กับภาพดาวเทียม เพื่อลดการปะปนในของข้อมูลในชั้นข้อมูลอื่น อีกทั้งยังได้มีการพิจารณาการจำแนกข้อมูลโดยใช้ค่าดัชนีพืชพรรณ(NDVI) เพื่อที่จะสามารถแยกพื้นที่ป่าไม้ออกจากพื้นที่อื่นๆ ได้ถูกต้องมากขึ้นอีกด้วย เมื่อทำการจำแนกในชั้นข้อมูลที่หนึ่งเสร็จเรียบร้อยแล้ว ทำการเลือกพื้นที่ตัวอย่างในชั้นที่สอง ได้แก่ ป่าผลัดใบ ป่าไม่ผลัดใบ และพื้นที่ที่ไม่ใช่พื้นที่ป่าไม้ ซึ่งในการจำแนกข้อมูลในชั้นที่สองจะเป็นการจำแนกที่มีความเชื่อมโยงกับข้อมูลชั้นที่หนึ่ง คือ ทำการจำแนกข้อมูลทั้ง 3 ชั้นย่อยนี้จากผลการจำแนกของข้อมูลชั้นที่หนึ่ง ซึ่งเป็นพื้นที่ป่าไม้เท่านั้น ส่วนพื้นที่ไม่ใช่พื้นที่ป่าไม้ในชั้นที่หนึ่งจะถูแยกหรือกรองออกไป ไม่ได้นำมาเชื่อมโยงกับการจำแนกในชั้นที่สองอีก ส่วนสาเหตุที่ต้องทำการจำแนกพื้นที่ที่ไม่ใช่พื้นที่ป่าไม้ในข้อมูลชั้นที่สองอีกครั้ง เนื่องจากผลการจำแนกในข้อมูลชั้นที่หนึ่งเป็นการจำแนกแบบหยาบ อาจจะรวมเอาพื้นที่ที่ไม่ใช่พื้นที่ป่าไม้เข้าไปในวัตถุภาพที่เป็นพื้นที่ป่าไม้ ทำให้ผลการจำแนกยังคงมีการปะปนกันของข้อมูลอยู่ จึงได้ทำการจำแนกพื้นที่ที่ไม่ใช่พื้นที่ป่าไม้ออกไปอีกครั้งเพื่อลดการปะปนของข้อมูลและทำให้ผลการจำแนกมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ซึ่งในการจำแนกข้อมูลชั้นที่สองนั้นยังกำหนดเงื่อนไขให้กับชั้นข้อมูล โดยใช้ค่าการสะท้อนของแต่ละช่วงคลื่น ค่าดัชนีพืชพรรณ ค่าความหนาแน่น รวมถึงการเอาข้อมูลความสูงเชิงเลข(DEM) มาใช้ในการพิจารณาอีกด้วย โดยป่าผลัดเป็นป่าที่อยู่ในพื้นที่ที่มีความสูงตั้งแต่ 50-1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง จึงได้ทำการกำหนดเงื่อนไขความสูงของป่าผลัดใบไว้ว่า ต้องเป็นพื้นที่ที่สูงไม่เกิน 1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง เพื่อลดการปะปนของชั้นข้อมูลป่าผลัดใบที่ไปปะปนอยู่กับป่าไม่ผลัดใบ ส่วนป่าไม่ผลัดใบนั้นไม่ได้กำหนดเงื่อนไขทางด้านความสูงเอาไว้ เนื่องจากป่าไม่ผลัดใบมีความสูงตั้งแต่ 100 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลางขึ้นไป

หลังจากที่ได้ทำการจำแนกและพิจารณาความถูกต้องด้วยสายตาจนครบทั้งหมด 9 ระวางแล้ว ทำการนำข้อมูลออก (export) ในรูปแบบของข้อมูลราสเตอร์ โดยเลือกชั้นข้อมูลที่ต้องการเท่านั้น ได้แก่ ชั้นข้อมูลป่าผลัดใบและป่าไม่ผลัดใบ แล้วนำผลการจำแนกทั้ง 9 ระวางมาทำการต่อภาพ(mosaic) ในโปรแกรมทางด้านรีโมตเซนซิงและทำการตัดภาพเพื่อให้ได้มาซึ่งพื้นที่ป่าไม้ต่างชนิดในพื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน ซึ่งจะนำภาพมาตรวจสอบความถูกต้องและทำวิเคราะห์หาพื้นที่ป่าไม้ในโปรแกรมทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ต่อไป

3.3.1.6การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำแนกข้อมูล สามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน แต่ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องจากสร้างจากจุดข้อมูลการวางแปลงสำรวจความหลากหลายของพรรณไม้ที่ได้จากกลุ่มงานวิชาการ สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 16 (เชียงใหม่) ฐานข้อมูลประเภทป่าไม้ของกรมพัฒนาที่ดิน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จำนวน 60 จุด โดยแบ่งเป็นป่าผลัดใบจำนวน 30 จุดและป่าไม่ผลัดใบจำนวน 30 จุด

3.3.2การประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ต่างชนิด

ในการประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ต่างชนิดจากภาพดาวเทียมครอบคลุมพื้นที่8 จังหวัดภาคเหนือตอนบนนั้น ทำการประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ต่างชนิดจากภาพดาวเทียมโดยใช้โมเดล 3PGs และตรวจสอบความถูกต้องของผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้จากภาพดาวเทียมกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจหาผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้จากข้อมูลภาคสนามโดยใช้สมการแอลโลเมตรี จากนั้นทำการคำนวณหาผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ทั้ง 2 ประเภท ซึ่งประกอบด้วย ป่าผลัดใบและป่าไม่ผลัดใบจากภาพดาวเทียมครอบคลุมพื้นที่8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน โดยใช้โปรแกรมทางด้านภูมิสารสนเทศเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ ซึ่งขั้นตอนการดำเนินงานหลักๆ ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนด้วยกัน ดังนี้

3.3.2.1 การเตรียมภาพถ่ายดาวเทียม

ในขั้นตอนนี้จะใช้ทำภาพที่ทำการดาวน์โหลดภาพ Landsat 8-OLI จากเว็บไซต์ USGS จำนวน 9 ระวาง ซึ่งเป็นภาพถ่ายดาวเทียมชุดเดียวกันกับภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในการจำแนกประเภทป่าไม้ในข้างต้น แต่จะแตกต่างกันตรงที่เป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงบรรยากาศเรียบร้อยแล้ว เนื่องจากภาพดาวเทียมทุกภาพจะเกิดความผิดพลาดเชิงคลื่นในการนำข้อมูลภาพดาวเทียมมาใช้งาน จึงจำเป็นที่จะต้องทำการแก้ไขความคลาดเคลื่อนของข้อมูลและสัญญาณคลื่นรบกวนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบันทึกข้อมูลของระบบบันทึกข้อมูลที่ติดตั้งบนดาวเทียมหรือที่เกิดขึ้นจากการแพร่กระจายหรือการสะท้อนพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านสภาพบรรยากาศที่ปกคลุมด้วยหมอก ควัน หรือจากมุมที่แสงอาทิตย์ตกกระทบ ดังนั้น

เพื่อให้ได้ค่าพลังงานรังสีตกกระทบหรือค่าการสะท้อนที่แท้จริง จึงจำเป็นต้องปรับแก้ความเพี้ยนเชิงคลื่นเหล่านั้น โดยใช้สมการการปรับแก้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8-OLI ของเว็บไซต์ USGS

3.3.2.2การประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ต่างชนิดจากภาพถ่ายดาวเทียม

หลังจากที่ได้ทำการปรับแก้ภาพถ่ายดาวเทียมแล้ว ต่อไปเป็นขั้นตอนของกระบวนการประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิจากภาพดาวเทียมครอบคลุมพื้นที่8 จังหวัดภาคเหนือตอนบนโดยใช้แบบจำลอง 3PGs ซึ่งเป็นแบบจำลองที่วิเคราะห์โดยใช้ภาพดาวเทียม ย่อมาจากคำว่า Physiological Principles Predicting Growth with Satellite data เป็นหลักการทางสรีรศาสตร์ในการทำนายการเจริญเติบโตของพืชด้วยข้อมูลภาพดาวเทียม ศึกษาเกี่ยวกับหลักการทางสรีรวิทยาของระบบนิเวศป่าไม้ ทำให้สามารถคาดเดาค่าผลผลิตปฐมภูมิสุทธิ (Net Primary Production: NPP) โดยเป็นค่าที่มีความสัมพันธ์อย่างมากกับการวัดการเจริญเติบโตของป่าไม้หรือพืชพรรณ ซึ่งขั้นตอนในการคาดเดาค่าผลผลิตปฐมภูมิสุทธิทำการวิเคราะห์ข้อมูลผ่านโปรแกรมทางด้านรีโมตเซนซิง ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังต่อไปนี้

1. การคำนวณค่า NDVI: Normalized Difference Vegetation Index

$$\text{NDVI} = \frac{(\rho(NIR) - \rho(\textbf{Red}))}{(\rho(\textbf{NIR}) + \rho(\textbf{Red}))} \quad \text{สมการ (1)}$$

โดย : ρ(NIR) = ค่าการสะท้อนของแบนด์ 4
ρ(Red) = ค่าการสะท้อนของแบนด์ 5

2. การคำนวณค่า FPAR: Fraction of Photosynthetically Active Radiation

FPAR = -0.1 + (1.5 * NDVI)สมการ (2)

โดย: FPAR มีหน่วยเป็น Unit less

3. การคำนวณค่า PAR: Photosynthetically Active Radiation

PAR = 0.45 * Solar radiation สมการ (3)

ซึ่งค่า Solar radiation อ้างอิงจาก แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากข้อมูลดาวเทียมสำหรับประเทศไทย มีหน่วยเป็น MJ/m²/day ซึ่งค่า Solar radiation ของประเทศไทยอยู่ในช่วง 10-25 MJ/m²/day PAR มีหน่วยเป็น MJ/m²/day

4. การคำนวณค่า APAR: Absorbtion of Photosynthetically Active Radiation

APAR = FPAR * PARสมการ (4)

โดย: APAR มีหน่วยเป็น MJ/m²/day

5. การคำนวณค่า GPP: Gross Primary Productivity

GPP = 1.80 g/MJ * APAR สมการ (5)

โดย: GPP มีหน่วยเป็น gC/ m²/day

6. การคำนวณค่า NPP: Net Primary Productivity

NPP = 0.45 * GPPสมการ (6)

โดย: NPP มีหน่วยเป็น gC/m²/day

หลังจากที่ทำการประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ต่างชนิดจากภาพดาวเทียมด้วยแบบจำลอง 3PGs จนครบทั้ง 9 ระวางแล้ว ทำการต่อภาพ(mosaic) เพื่อให้ได้มาซึ่งปริมาณคาร์บอนกักเก็บของป่าไม้ต่างชนิดจากภาพดาวเทียมครอบคลุมพื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน จากนั้นนำภาพปริมาณคาร์บอนกักเก็บของป่าไม้ต่างชนิดจากภาพดาวเทียมด้วยแบบจำลอง 3PGs ของพื้นที่ภาคเหนือเข้าสู่กระบวนการซ้อนทับ(Overlay) กับภาพดาวเทียมที่ได้ทำการจำแนกหาพื้นที่ป่าไม้บริเวณ 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบนด้วยวิธีเชิงวัตถุ ในวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิจากภาพดาวเทียมโดยรวมของป่าไม้แต่ละประเภทในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน

3.3.2.3 การประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ต่างชนิดจากข้อมูลภาคสนาม

การประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิจากต้นไม้มักมีสมการแอลโลเมตรี (Allometric Equation) ซึ่งเป็นสมการการคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของคาร์บอนในเนื้อเยื่อของพืชส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง ใบ และจะต้องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับอกที่มากกว่า 4.5 เซนติเมตร ซึ่งในการคำนวณหามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน โดยนำข้อมูลเส้นผ่าศูนย์กลางระดับอกและความสูงต้นไม้ที่ได้จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อนำเข้าสู่สมการ โดยป่าไม้แต่ละชนิดจะมีสมการที่เหมาะสมแตกต่างกันไป โดยมีสมการ ดังนี้

Tsutsumi et al (1983) อ้างใน ปรัชญา ยังพัธนา และคณะ (2556) เป็นสมการการคำนวณหาปริมาณคาร์บอนที่เหมาะสมสำหรับป่าดิบแล้ง ป่าดิบเขา ป่าดงดิบทั่วไป โดยมีสมการ ดังนี้

$$W_S = 0.0509(d^2h)^{0.919}$$
$$W_B = 0.00893(d^2h)^{0.977}$$
$$W_L = 0.014(d^2h)^{0.669}$$

Ogawa et al (1965) อ้างใน ปรัชญา ยังพัธนา และคณะ(2556) เป็นสมการการคำนวณหาปริมาณคาร์บอนที่เหมาะสมสำหรับป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณโดยมีสมการ ดังนี้

$$W_S = 0.0369(d^2h)^{0.933}$$
$$W_B = 0.00349(d^2h)^{1.03}$$
$$W_L = W_S/(22.5+0.025W_S)$$

โดยค่า W_S = มวลชีวภาพของลำต้น (กิโลกรัม/ต้น)
W_B = มวลชีวภาพของกิ่งและก้าน (กิโลกรัม/ต้น)
W_L= มวลชีวภาพของใบ (กิโลกรัม/ต้น)
d = เส้นผ่าศูนย์กลาง (เซนติเมตร)
h = ความสูงต้นไม้ (เมตร)

ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ต่างชนิดจากข้อมูลภาคสนาม ซึ่งอยู่ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสะเมิง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าอมก๋อย เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแม่เลา-แม่แสะ และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเชียงดาว ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลการสำรวจข้อมูลความหลากหลายของป่าไม้จากจากกลุ่มงานวิชาการ สำนักบริหาร

พื้นที่อนุรักษ์ที่ 16 (เชียงใหม่) โดยแบ่งเป็นป่าผลัดใบ 8 แปลงและป่าไม่ผลัดใบ 6 แปลง ซึ่งนำเอาข้อมูลเส้นผ่าศูนย์กลางระดับอกและความสูงต้นไม้ของแต่ละแปลงเข้าสู่สมการแอลโลเมตรี เพื่อประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิจากภาคสนาม

4. ผลการวิจัย

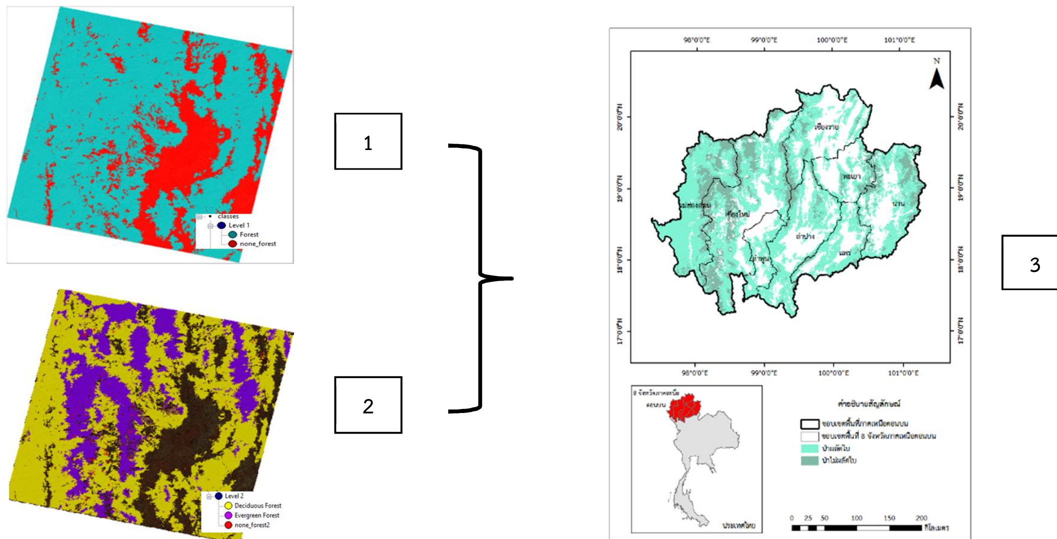
การประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ต่างชนิดจากภาพดาวเทียมครอบคลุมพื้นที่8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน ได้ทำการจำแนกประเภทป่าไม้ด้วยเทคนิคการจำแนกเชิงวัตถุและตรวจหาปริมาณคาร์บอนกักเก็บของป่าไม้ต่างชนิดจากภาพดาวเทียมซึ่งมีผลการศึกษาดังนี้

4.1 การจำแนกประเภทป่าไม้ด้วยเทคนิคการจำแนกเชิงวัตถุครอบคลุมพื้นที่8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน

จากการวิเคราะห์ผลการจำแนกป่าไม้ต่างชนิดด้วยวิธีเชิงวัตถุในพื้น 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบนพบว่า พื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบนมีพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด 59,414 ตารางกิโลเมตรหรือประมาณ 37,133,750 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 67 ของพื้นที่ทั้งหมด พบกระจายอยู่ทั่วทั้งพื้นที่ซึ่งโดยส่วนใหญ่พบบริเวณทางด้านทิศตะวันตกของพื้นที่ ในจังหวัดแม่ฮ่องสอนและเชียงใหม่โดยแบ่งออกเป็นป่าผลัดใบจำนวน 44,062 ตารางกิโลเมตรหรือประมาณ 27,538,750 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 74 ของพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด ส่วนมากพบกระจุกตัวอยู่บริเวณทางด้านทิศตะวันตกของพื้นที่และป่าไม่ผลัดใบจำนวน 15,352 ตารางกิโลเมตรหรือประมาณ 9,595,000 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 26 ของพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด พบกระจายอยู่ทั่วพื้นที่ แต่ส่วนมากพบบริเวณทางด้านทิศตะวันตกของพื้นที่ ซึ่งจังหวัดที่มีพื้นที่ป่าไม้มากที่สุดคือ จังหวัดเชียงใหม่ มีพื้นที่ทั้งหมด 16,064 ตารางกิโลเมตรหรือประมาณ 10,040,000 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 27 ของพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด รองลงมาคือ จังหวัดแม่ฮ่องสอน มีพื้นที่ทั้งหมด 12,203 ตารางกิโลเมตรหรือประมาณ 7,626,875 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 20 ของพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด และจังหวัดน่าน มีพื้นที่ทั้งหมด 8,118 ตารางกิโลเมตรหรือประมาณ 5,073,750 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 14 ของพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด ตามลำดับ(ตารางที่ 1, รูปที่ 4) และจากผลการตรวจสอบความถูกต้องพบว่า ผลการจำแนกพื้นที่ป่าไม้ต่างชนิดในพื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน ป่าผลัดใบมีความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 83.33 โดยจากจุดตรวจสอบความถูกต้อง 30 จุด พบว่า ผลการจำแนกป่าผลัดใบตรงกับจุดตรวจสอบความถูกต้องทั้งหมด 25 จุด โดย 5 จุดที่ไม่ตรงกับผลการจำแนกนั้นตรงกับชั้นข้อมูลของป่าไม่ผลัดใบส่วนป่าไม่ผลัดใบมีความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 76 ซึ่งถือว่าผลการจำแนกพื้นที่ป่าไม้ต่างชนิดในพื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบนด้วยวิธีการจำแนกเชิงวัตถุมีความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้

ตารางที่ 1 ผลการจำแนกพื้นที่ป่าไม้ในพื้น 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน

ลำดับ	จังหวัด	พื้นที่ป่าไม้(ตารางกิโลเมตร)			ร้อยละของพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด
		ป่าผลัดใบ	ป่าไม่ผลัดใบ	รวม	
1	เชียงใหม่	9,623	6,441	16,064	27
2	แม่ฮ่องสอน	9,338	2,865	12,203	20
3	น่าน	5,729	2,389	8,118	14
4	ลำปาง	6,644	1,013	7,657	13
5	เชียงราย	4,694	1,274	5,968	10
6	แพร่	3,664	482	4,146	7
7	พะเยา	2,080	814	2,894	5
8	ลำพูน	2,290	74	2,364	4
รวม		44,062	15,352	59,414	100



รูปที่ 4ผลการจำแนกพื้นที่ป่าไม้ในพื้น 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน

4.2 การประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ต่างชนิดครอบคลุมพื้นที่8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน

4.2.1 การประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ต่างชนิดจากภาพดาวเทียม

จากการศึกษาพบว่า ผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิเฉลี่ยของป่าไม้จากภาพดาวเทียมในพื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบนด้วยแบบจำลอง 3PGs เท่ากับ 5.1173 gC/m²/day โดยป่าผลัดใบมีผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 4.8337 gC/m²/day ป่าไม่ผลัดใบมีผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 5.4008 gC/m²/day ซึ่งมากกว่าป่าผลัดใบ ส่วนผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิโดยรวมของพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมดในพื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบนทั้งหมด 333,546,687 gC/day โดยป่าผลัดใบมีผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิโดยรวมทั้งหมด 240,211,049 gC/day และป่าไม่ผลัดใบมีผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิโดยรวมทั้งหมด 93,335,639 gC/day (ตารางที่ 2)ส่วนผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิเฉลี่ยของป่าไม้จากภาพดาวเทียมในพื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบนด้วยแบบจำลอง 3PGs แยกตามรายจังหวัดมีดังตารางที่ 3 และจากการประเมินผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิของป่าไม้ต่างชนิดจากภาพดาวเทียมด้วยแบบจำลอง 3PGs พบว่า พื้นที่ภาคเหนือตอนบนสามารถแบ่งระดับความอุดมสมบูรณ์ของป่าไม้ออกเป็น 5 ระดับ ประกอบด้วย พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์มากที่สุด พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์มาก พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์น้อย และพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์น้อยที่สุด โดยพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์มากที่สุด ส่วนมากเป็นภูเขาสูง พบมากบริเวณทางด้านตะวันตกและตอนเหนือของภูมิภาค ในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ และบางส่วนของตอนบนจังหวัดน่าน พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์มาก พบกระจายอยู่ทั่วภูมิภาค ส่วนพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง พบกระจายอยู่ทั่วพื้นที่ในบริเวณที่เป็นที่ราบ ส่วนมากเป็นพื้นที่เกษตร พบทางตอนกลางและทางด้านตะวันออกของพื้นที่ในจังหวัดเชียงใหม่ ลำปาง แพร่ และน่าน พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์น้อย พบกระจายอยู่ทั่วไปในพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรและพื้นที่เปิดหน้าดินบางส่วน และพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์น้อยที่สุด ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรที่เปิดหน้าดินทิ้งไว้เพื่อรอการเพาะปลูก พบมากทางตอนเหนือของภูมิภาคในพื้นที่จังหวัดเชียงรายและพะเยา (รูปที่ 5)

ตารางที่ 2 ผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิที่ได้จากแบบจำลอง 3PGs ในพื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน

ผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ที่ได้จากแบบจำลอง 3PGs			
ลำดับ	**ประเภทป่าไม้**	**ผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิเฉลี่ย (gC/ m²/day)**	**ผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิทั้งหมด (gC/day)**
1	ป่าผลัดใบ	4.8626	240,184,444
2	ป่าไม่ผลัดใบ	5.4206	93,326,462
รวม		**5.1416**	**333,510,906**

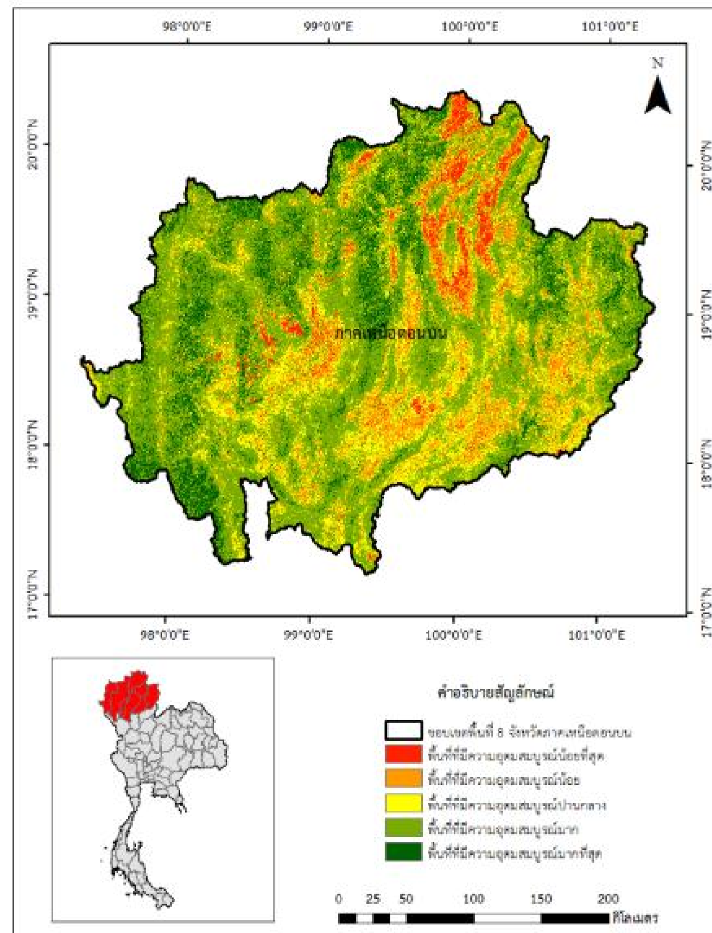
ตารางที่ 3ผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิที่ได้จากแบบจำลอง 3PGs ในพื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบนแยกรายจังหวัด

ลำดับ	จังหวัด	คาร์บอนกักเก็บเฉลี่ย(gC/ m²/day)		รวม
		ป่าผลัดใบ	ป่าไม่ผลัดใบ	
1	**เชียงใหม่**	4.8871	5.4130	5.1500
2	**แม่ฮ่องสอน**	5.0361	5.4403	5.2382
3	**น่าน**	4.7619	5.4241	5.0930
4	**ลำปาง**	4.7472	5.4164	5.0818
5	**เชียงราย**	5.0980	5.4903	5.2942
6	**แพร่**	4.4316	5.2871	4.8594
7	**พะเยา**	4.8506	5.4013	5.1259
8	**ลำพูน**	4.8572	5.3339	5.0955

4.2.2 การประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ต่างชนิดจากข้อมูลภาคสนาม

ในขั้นตอนของการประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ต่างชนิดจากข้อมูลภาคสนาม โดยการนำข้อมูลเส้นผ่าศูนย์กลางระดับอกและความสูงต้นไม้ในแปลงสำรวจแต่ละแปลงเข้าสู่สมการแอลโลเมตรีที่เหมาะสมกับป่าไม้แต่ละชนิด พบว่า ผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าผลัดใบและป่าไม่ผลัดใบแสดงดังตารางที่ 4 และ 5

หลังจากที่ได้ทำการประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ต่างชนิดจากข้อมูลภาพดาวเทียมและข้อมูลภาคสนามแล้ว ทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ต่างชนิดจากภาพดาวเทียมด้วยโมเดล 3PGs และผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ต่างชนิดจากข้อมูลภาคสนามโดยใช้สมการแอลโลเมตรี พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าผลัดใบที่ได้จากภาพดาวเทียมและผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าผลัดใบและป่าไม่ผลัดใบที่ได้จากข้อมูลภาคสนามมีความสัมพันธ์ เท่ากับ 0.7130 และ 0.7634 ตามลำดับ ซึ่งถือว่าความสัมพันธ์ของผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าผลัดใบและป่าไม่ผลัดใบที่ได้จากภาพดาวเทียมและผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิที่ได้จากข้อมูลภาคสนามมีความสัมพันธ์กันในระดับที่ยอมรับได้



รูปที่ 5ระดับความอุดมสมบูรณ์ของป่าไม้จากการประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิ ในพื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน

ตารางที่ 4 ผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าผลัดใบที่ได้จากข้อมูลภาคสนาม

จุดที่	พิกัด		บริเวณ	ปริมาณคาร์บอนจากข้อมูลภาคสนาม(k.g./rai)
	ละติจูด	ลองจิจูด		
1	494195	2147752	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเชียงดาว	12.4334
2	447423	1917492	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าอมก๋อย	8.1913
3	446458	1924907	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าอมก๋อย	10.0658
4	441871	1930798	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าอมก๋อย	7.7627
5	442529	1932905	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าอมก๋อย	11.2785
6	455832	2091459	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสะเมิง	7.7787
7	453117	2100731	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสะเมิง	6.9925
8	441637	2122179	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแม่เลา-แม่แสะ	10.7490

ตารางที่ 5 ผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ผลัดใบที่ได้จากข้อมูลภาคสนาม

จุดที่	พิกัด		บริเวณ	ปริมาณคาร์บอนจากข้อมูลภาคสนาม(k.g./rai)
	ละติจูด	ลองจิจูด		
1	455420	2096818	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสะเมิง	5.8960
2	451445	1939668	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าอมก๋อย	7.3291
3	452537	1939149	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าอมก๋อย	7.9598
4	444889	1939683	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าอมก๋อย	8.7115
5	464310	2126619	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแม่เลา-แม่แสะ	9.3033
6	449161	2103587	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสะเมิง	9.7885

5. วิจารณ์ผลและสรุปผล

การศึกษาครั้งนี้เป็นการประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ต่างชนิดจากภาพดาวเทียมครอบคลุมพื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบนด้วยแบบจำลอง 3PGs โดยทำการจำแนกป่าไม้ต่างชนิดด้วยวิธีการเชิงวัตถุ ซึ่งประกอบด้วย ป่าผลัดใบและป่าไม่ผลัดใบ โดยใช้ภาพดาวเทียม Landsat 8-OLI ปี 2558 ในช่วงเวลาเดียวกัน ซึ่งในการจำแนกต้องทำการจำแนกภาพดาวเทียมทีละระวาง เนื่องจากภาพดาวเทียมแต่ละภาพอาจมีค่าสะท้อนของจุดภาพของสิ่งปกคลุมชนิดเดียวกันที่แตกต่างกันไปเล็กน้อย ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากช่วงเวลาที่ถ่ายภาพในแต่ละระวาง ถึงแม้ว่าภาพดาวเทียมที่ใช้จะเป็นภาพที่ถ่ายในช่วงเวลาเดียวกัน แต่สภาพอากาศในแต่ละพื้นที่ แต่ละวันก็อาจจะมีความแตกต่างกันออกไป ทำให้ผลการจำแนกบริเวณขอบระวางภาพดาวเทียมในขั้นตอนการต่อภาพอาจจะไม่เป็นสิ่งปกคลุมชนิดเดียวกัน ซึ่งอาจส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของผลการจำแนกเล็กน้อย ส่วนในขั้นตอนของการตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำแนกจากข้อมูลภาคสนาม ในบางจุดนั้นมีอุปสรรคทางด้านการเข้าถึงพื้นที่ ทำให้มีความจำเป็นต้องใช้จุดตรวจสอบความถูกต้องจากข้อมูลทุติยภูมิที่ทางหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเก็บรวบรวมไว้ เพื่อให้ได้มาซึ่งจุดตรวจสอบความถูกต้องกระจายทั่วพื้นที่ศึกษา ซึ่งความถูกต้องของผลการจำแนก ถือว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ แต่อย่างไรก็ตามอาจจะมีความคลาดเคลื่อนในบางพื้นที่ที่อยู่นอกเหนือจุดตรวจสอบความถูกต้อง ส่วนในขั้นตอนของการประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ต่างชนิดจากภาพดาวเทียม เป็นการประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ในระดับเรือนยอดเท่านั้น ซึ่งถือว่ามีความถูกต้องสัมพันธ์กันกับการประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ต่างชนิดจากข้อมูลภาคสนามในระดับที่ยอมรับได้

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ในการเก็บข้อมูลภาคสนามเพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำแนกในการศึกษาครั้งนี้ อาจจะมีข้อจำกัดทางด้านการเข้าถึงพื้นที่ จุดตรวจสอบจากการออกภาคสนามที่มีอยู่ไม่กระจายทั่วถึงในพื้นที่ ทำให้มีความจำเป็นต้องใช้ข้อมูลการตรวจสอบความถูกต้องในการจำแนกจากข้อมูลทุติยภูมิในบางจุด หากมีผู้สนใจที่จะศึกษาในครั้งต่อไป การลงพื้นที่เก็บข้อมูลจากพื้นที่จริงอาจทำให้การศึกษามีความถูกต้องน่าเชื่อมากยิ่งขึ้น

6.2ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นเพียงการประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ต่างชนิดจากภาพดาวเทียมเพียง 2 ประเภทเท่านั้น คือ ป่าผลัดใบและป่าไม่ผลัดใบ หากมีผู้สนใจเกี่ยวกับประเด็นดังกล่าว งานชิ้นนี้อาจเป็นแนวทางในการประเมินผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าไม้ต่างชนิดที่มีความหลากหลายมากขึ้นกว่าเดิม

เอกสารอ้างอิง

Definiens 7 (2007). **Definiens 7 User Giude**, pp 19-31.

จิระ ปรังเขียว, ชยกฤต ม้าลำพอง, อริศรา เจริญปัญญาเนตร, ศราวุธ พงษ์ลี้รัตน์ และพงศ์สาน คานนท์คอม. (2552). การบูรณาการข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลและแบบจำลอง 3PGs ในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ป่า จังหวัดเชียงใหม่. **วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย,**10(2), 23-32.

ทบทอง ชั้นเจริญ. (2555). **การสกัดการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจากข้อมูลดาวเทียมธีออสโดยการจำแนกเชิงวัตถุ.** (21 พฤศจิกายน2557). จาก http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/4500/2/Fulltext.pdf

ปรัชญา ยังพัธนา และรวี ถาวร (2556). **คู่มือการสำรวจประเมินสภาพป่าและคาร์บอนอย่างง่าย.**ศูนย์วนศาสตร์ชุมชน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิรฎา ทองประเสริฐ. (2558). **การใช้เทคนิคทางภูมิสารสนเทศหาตัวชี้วัดความอุดมสมบูรณ์ของป่าไม้อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ศุทธินี ดนตรี. (2553). **ภูมิศาสตร์ประเทศไทย**. ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ศุภลักษณ์ หน้อยสุยะ. (2549). **การจำแนกพื้นที่ไร่หมุนเวียนด้วยวิธีการเชิงวัตถุ.**วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ). (2554). **การวิจัยการใช้พลังงานทดแทน: การพัฒนาเทคนิคภูมิสารสนเทศในการจำแนกพืชเศรษฐกิจด้วยข้อมูลภาพดาวเทียมธีออส กรณีศึกษาสวนลำไยและลิ้นจี่ ในเขต 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน.**ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ), ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุกัญญา พูลเสน, ศิริพักตร์ เสมียนคิด, ธานี คามเขต, เอกราช ปรีชาชน และศิริกุล หุตะเสวี. (2556). **การขยายของพื้นที่เมืองด้วยวิธีการจำแนกเชิงวัตถุ**. สัมมนาวิชาการเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาประเทศ, (หน้า 67-70)

อริศรา เจริญปัญญาเนตร. (2556). **เอกสารประกอบการสอนวิชารีโมทเซนซิงขั้นสูง(advanced remote sensing).** ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

การตรวจหาพื้นที่ระบาดของเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลังด้วยช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน

Detection the outbreak area of the cassava mealybug using thermal infrared wavelength

สุจิตรา เจริญหิรัญยิ่งยศ

Sujittra Charoenhirunyingyos

ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์ 02-561-3480 ต่อ 425 e-mail: fsocsjc@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การระบาดของเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลัง ทำให้ผลผลิตของมันสำปะหลังได้รับความเสียหายมาก การตรวจสอบความเสียหายหากใช้เฉพาะการลงสำรวจพื้นที่ด้วยแรงงานคนจะสิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่ายมาก ดังนั้นจึงมีการนำเทคนิคการรับรู้จากระยะไกลในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนมาใช้ในการตรวจหาพื้นที่การระบาด โดยที่อุณหภูมิพื้นผิวจากภาพถ่ายจากดาวเทียม สามารถแสดงความแตกต่างของอุณหภูมิเรือนยอดของต้นไม้ และสามารถแสดงความเครียดที่เกิดกับพืชได้ ข้อมูลที่ใช้คือภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 และเทอร่าโมดิส บันทึกข้อมูลในช่วงเดือนเมษายน ปี 2557 เนื่องจากเป็นช่วงที่พบการระบาดของเพลี้ยแป้ง ผลจากการวิจัยพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับร้อยละของพื้นที่ระบาดของเพลี้ยแป้งเป็นแบบแปรตามกัน กล่าวคือในบริเวณที่มีอุณหภูมิพื้นผิวที่สูง ค่าร้อยละของพื้นที่ระบาดของเพลี้ยแป้งจะสูงตามไปด้วย ซึ่งอุณหภูมิพื้นผิวแบนด์ 10 (R^2=0.788) ของภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 มีประสิทธิภาพในการตรวจหาพื้นที่ระบาดได้ดีกว่า อุณหภูมิพื้นผิวแบนด์ 11 (R^2=0.557) เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R^2) สูงกว่า ในขณะที่พบว่าอุณหภูมิพื้นผิวจากภาพถ่ายดาวเทียมเทอร่าโมดิสช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนแบนด์ 31 (อุณหภูมิกลางวัน) และแบนด์ 32 (อุณหภูมิกลางคืน) ไม่สามารถตรวจหาพื้นที่ระบาดได้เนื่องจากพบว่าอุณหภูมิกลางวันภาพถูกปกคลุมด้วยเมฆจนไม่มีข้อมูล ส่วนอุณหภูมิกลางคืน มีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิกลางคืนเพียง 1.6 องศาเซลเซียส ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างอุณภูมิพื้นผิวกลางคืนกับร้อยละการระบาดที่ได้ต่ำมาก (R^2=0.017) จนไม่สามารถนำไปใช้ตรวจหาการระบาดได้ ดังนั้นในภาพรวมพบว่าช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนที่จากภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 มีศักยภาพในการตรวจหาพื้นที่ระบาดของเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลังได้ดีกว่าภาพถ่ายจากดาวเทียมเทอร่าโมดิส เนื่องจากภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนที่มีความยาวคลื่น 10.6 - 11.19 ไมโครเมตร ซึ่งมีความยาวคลื่นสั้นกว่าความยาวคลื่นของดาวเทียมเทอร่าโมดิสที่มีความยาวคลื่น 10.7 - 12.3 ไมโครเมตร และมีรายละเอียดภาพที่ดีกว่า ทำให้สามารถใช้ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนจากภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซท 8 ในการตรวจหาการระบาดของเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลังได้

คำสำคัญ: เพลี้ยแป้ง มันสำปะหลัง พื้นทีระบาด อินฟราเรดความร้อน

ABSTRACT

The mealybug outbreak causes the yield damage of cassava. The identification of infected zone on large spatial region is time consuming and costly. In past years, numbers of thermal infrared wavelength of remote sensing techniques have been developed for detecting these outbreaks. Land surface temperature from the satellite imagery can be used for detecting canopy temperature difference and plant stress. In this study we have used satellite images (thermal band) to detect mealybug outbreak in cassava field. The thermal infrared band can detect the canopy temperature and cassava plant stress. The

Landsat 8 and MODIS data during the month of April were used. The results of the research showed that the relationship between temperature and the percentage of mealybug outbreak shows high correlation. The obtained correlation by Landsat 8 band 10 shows higher correlation than band 11 (R^2= 0.788 and 0.557 respectively). Moreover, the MODIS Terra day and night products are unable to detect outbreak during the month of April due to contamination of clouds in daytime product and night time product showed the difference between night time temperature is only 1.6 degrees. Therefore the relationship between temperature on the night of the outbreak was rather low (R^2 = 0.017). The images from Landsat 8 detect the object between the wavelengths of 10.6 to 11.19 micrometers, which is shorter wavelength than the MODIS Terra satellite (10.7 to 12.3 micrometers). So results indicate that the Landsat 8 images have more potential to detect the outbreak than MODIS images.

KEY WORDS: mealybug, cassava, outbreak area, thermal infrared

1. บทนำ

มันสำปะหลังจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของไทย ซึ่งประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังมากเป็นอันดับที่ 3 ของโลก รองจากไนจีเรียและบราซิล (ประภาส, 2552) สาเหตุที่มันสำปะหลังได้รับความนิยมในการเพาะปลูกเนื่องจากเป็นพืชที่ปลูกง่าย ทนทานต่อสภาพอากาศที่แปรปรวน และสามารถเติบโตได้แม้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ จากความต้องการของตลาดในด้านผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง เพื่อใช้ในการอุตสาหกรรมและเลี้ยงสัตว์เพิ่มมากขึ้น ทำให้มีการขยายพื้นที่ปลูกไปยังจังหวัดอื่นๆ โดยเฉพาะทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือจนในปัจจุบันภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูกมากที่สุดของประเทศไทย (จรุงสิทธิ์ และ อัจฉรา, 2537) จากการวิเคราะห์พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังทั้งประเทศไทยของกรมพัฒนาที่ดิน โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 7 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2557) โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังมากที่สุด และสามจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมันมากที่สุดของประเทศไทยในปี 2557 ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา มีพื้นที่ปลูก 1,674,578 ไร่ กำแพงเพชร มีพื้นที่ปลูก 633,876 ไร่ และกาญจนบุรี มีพื้นที่ปลูก 406,727 ไร่ ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) ปัญหาสำคัญที่ทำให้ผลผลิตของมันสำปะหลังลดลง คือการระบาดของเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลัง ซึ่งถือว่าเป็นแมลงศัตรูพืชที่สำคัญที่สุดที่สามารถสร้างความเสียหาย เพิ่มต้นทุนในการผลิต และลดปริมาณผลผลิตของมันสำปะหลังที่ออกสู่ตลาด จนส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศ โอภาษ (2552) ได้ศึกษาพบว่าเพลี้ยแป้งชนิดที่สำคัญที่พบระบาดทั่วไปในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังของประเทศ ไทย มี 4 ชนิด ดังนี้คือ เพลี้ยแป้งตัวลาย (striped mealybug) เพลี้ยแป้งสีเขียว (Madeira mealybug) เพลี้ยแป้งสีชมพู (pink mealybug) และเพลี้ยแป้งแจ๊คเบียดเลย์ (Jack-Beardsley mealybug) การระบาดและทำลายของเพลี้ยแป้งในประเทศไทยจะพบมากในช่วงฤดูแล้ง หรือฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานาน เมื่อพืชฟื้นตัวในช่วงฤดูฝนปริมาณการระบาดของเพลี้ยแป้งก็จะลดลง จากสถิติพบว่า เพลี้ยแป้งมีการระบาดอย่างรุนแรงใน ปี 2552 และมีการกลับมาระบาดอีกครั้งใน ปี 2557 โดยเพลี้ยแป้งจะระบาดในช่วงฤดูแล้ง ฝนทิ้งช่วง และช่วงอุณหภูมิที่มากกว่า 25 องศาเซลเซียส โดยการระบาดของเพลี้ยแป้งในช่วงระยะแรกของการเจริญเติบโต (1 - 4 เดือน) จะส่งผลกระทบต่อผลผลิตมากกว่าระยะกลาง (4-8 เดือน) และปลายของการเจริญเติบโต (8 - 12 เดือน) เพลี้ยแป้งทำการดูดน้ำเลี้ยงจากส่วนยอด ใบ ตา และลำต้น เพลี้ยแป้งจะสามารถระบาดในมันสำปะหลังได้ในทุกระยะการเจริญเติบโต โดยเพลี้ยแป้งจะขับถ่ายมูลที่มีลักษณะของเหลวข้นเหนียว ทำให้เกิดราดำปกคลุมบางส่วนของใบพืช มีผลทำให้การสังเคราะห์แสงของพืชลดลง ใบของมันสำปะหลังจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองจนถึงขั้นรุนแรงคือแห้งตาย (กรมวิชาการเกษตร, 2557) จากรายงานการสำรวจทบทวนภาวะการผลิตและค้ามันสำปะหลัง ฤดูกาลผลิตปี 2557/58 ของสมาคมมันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ที่มีข้อสังเกตว่า พบการระบาดของเพลี้ยแป้งในหลายพื้นที่ตลอดการสำรวจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อำเภอหนองบุญมาก จังหวัดนครราชสีมา (สมาคมมัน

สำปะหลังแห่งประเทศไทย, 2558) ในงานวิจัยนี้จึงเลือกอำเภอหนองบุญมากเป็นพื้นที่ศึกษาการระบาดของเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลัง

การนำภาพถ่ายจากดาวเทียมที่สามารถตรวจวัดในช่วงคลื่นอินฟราเรด ทำให้พบว่า วัตถุใดๆ ก็ตามที่มีอุณหภูมิในระดับปกติจะมีความสามารถแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าสูงสุดที่ความยาวคลื่นประมาณ 10 ไมโครเมตร ซึ่งวัตถุหนึ่งๆจะ ฟลักซ์การแผ่รังสี (การแผ่รังสีต่อหนึ่งหน่วยเวลา) เฉพาะตัว ทั้งนี้ขึ้นกับอุณหภูมิและสภาพเปล่งรังสีของวัตถุนั้นๆ การแผ่รังสีดังกล่าวเรียกว่า การแผ่รังสีความร้อน การตรวจวัดอุณหภูมิพื้นผิว (Land Surface Temperature: LST) กฎของ Stefan Boltzmann กล่าวไว้ว่า วัตถุที่มีอุณหภูมิมากกว่า 0 °K หรือ -273 °C จะมีคุณสมบัติในการแผ่รังสี ซึ่งความเข้มในการแผ่รังสีและองค์ประกอบเชิงคลื่นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติในตัววัตถุและอุณหภูมิของวัตถุนั้น ทั้งนี้การแผ่รังสีของวัตถุที่ปกคลุมพื้นผิวส่วนใหญ่จะพบว่าเกิดขึ้นสูงสุดในช่วงคลื่นระหว่าง 8 - 14 ไมโครเมตร (μm) ซึ่งตกอยู่ในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน (Lillesand and Kiefer, 2000) ทำให้ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรที่มีช่วงคลื่นนี้สามารถนำมาใช้ในการหาค่าอุณหภูมิพื้นผิว Laboratory for Terrestrial Remote Sensing (2557) ให้ความหมายของอุณหภูมิพื้นผิวดังนี้ ค่าอุณหภูมิพื้นผิวมักจะถูกตีความเป็นอุณหภูมิของดิน ซึ่งค่าอุณหภูมิพื้นผิวนั้นแท้จริงแล้วคือ ค่าอุณหภูมิที่พื้นผิวที่เซ็นเซอร์สามารถตรวจจับได้ โดยบนพื้นดินซึ่งมีการปลูกพืชหนาแน่น เซ็นเซอร์จะสามารถตรวจจับบริเวณเรือนยอดของต้นไม้เป็นอุณหภูมิผิว ส่วนในบริเวณพื้นดินที่มีการเพาะปลูกพืชพรรณประปราย จะเฉลี่ยค่าอุณหภูมิของพืชที่ปกคลุมดินร่วมกับพื้นดิน ในการรับรู้จากระยะไกล ค่าอุณหภูมิพื้นผิวสามารถที่จะกำหนดได้โดยค่า Brightness temperature หรือค่าอุณหภูมิความสว่างของวัตถุ ซึ่งก็คืออุณหภูมิผิวดินที่ได้รับการแผ่รังสีความร้อนเข้ามายังเครื่องตรวจวัดในช่วงคลื่นอินฟาเรดความร้อน เราจึงสามารถคำนวณค่าอุณหภูมิพื้นผิวจากภาพถ่ายดาวเทียมได้ ซึ่งสามารถตรวจจับอุณหภูมิพื้นผิวบนดินหรือบนเรือนยอดต้นไม้ เพื่อดูความเครียดของพืชหรือการขาดน้ำของพืชได้ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้จากระยะไกลเพื่อตรวจหาการระบาดของพืชมีดังนี้ Prabhakar *et al.* (2013) ใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมควบคู่กับ Spector radiometer เพื่อตรวจหาพื้นที่ที่ได้รับความเสียหายจากเพลี้ยแป้งในฝ้ายของประเทศอินเดีย โดยผลการวิจัยพบว่าช่วงคลื่นสีเขียว อินฟราเรดใกล้ และอินฟราเรดคลื่นสั้น สามารถตรวจพบมีการรบกวนของเพลี้ยแป้งในฝ้ายในระยะแรก และระยะที่รุนแรงได้อย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นช่วงคลื่นสีน้ำเงินที่ไม่ตอบสนองต่อการระบาด และยังพบว่าศูนย์กลางที่ความยาวคลื่น 492 550 674 768 และ 1,454 นาโนเมตร เป็นความยาวคลื่นที่มีความสำคัญที่สุดในการติดตามความเสียหายจากเพลี้ยแป้ง Singh *et al*. (2013) ใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมเทอร่าโมดิส (MODIS) และภาพถ่ายจากดาวเทียมไออาร์เอส (IRS) เพื่อประเมินผลกระทบจากศัตรูพืช โดยอาศัยค่าการสังเคราะห์แสงและโครงสร้างทางกายภาพในพืช ซึ่งส่งผลต่อค่าการสะท้อนพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ตรวจวัดได้จากดาวเทียม ผลการวิจัยพบว่าดัชนีความรุนแรงของการระบาดศัตรูพืชมีความสัมพันธ์สูงกับค่าดัชนีที่ตรวจวัดจากดาวเทียม ทำให้สามารถตรวจหาพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบอย่างรุนแรงและสามารถนำข้อมูลนี้ไปใช้ในการจัดการแมลงศัตรูในพืชได้

2. วัตถุประสงค์

1.เพื่อตรวจหาพื้นที่ระบาดของเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลังด้วยช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนจากภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 และภาพถ่ายจากดาวเทียมเทอร่าโมดิส

2. เพื่อเปรียบเทียบศักยภาพในการการตรวจหาพื้นที่ระบาดของเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลังด้วยค่าอุณหภูมิพื้นผิวจากภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 และภาพถ่ายจากดาวเทียมเทอร่าโมดิส

3. วิธีการวิจัย

3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา การรวบรวมข้อมูลประกอบไปด้วยการขอความอนุเคราะห์ข้อมูลการระบาดของเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลัง และสืบค้นจากเว็บไซต์ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการสัมภาษณ์โดยตรงกับเกษตรกรผู้ปลูกมันในพื้นที่อำเภอหนองบุญมาก การวิเคราะห์ข้อมูลเน้นการหาค่าอุณหภูมิพื้นผิวด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 (Landsat 8) บันทึกข้อมูลวันที่ 16 เมษายน 2557 และภาพถ่ายจากดาวเทียมเทอร่าโมดิส (Terra Modis) ใช้ผลิตภัณฑ์แบบ 8 วัน เพื่อลดปัญหาเมฆบดบัง บันทึกภาพวันที่ 15-22 เมษายน 2557 เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของพื้นที่ระบาดกับค่าอุณหภูมิพื้นผิว เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่มีการระบาดที่ตรงกับภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 8

3.2 การคำนวณค่าอุณหภูมิพื้นผิวของภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซทจากช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิพื้นผิวของภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 5 ใช้ภาพแบนด์ 6 (10.40 – 12.50 μm) แต่ภาพถ่ายจาก

ดาวเทียมแลนด์แซท 8 มีช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน 2 แบนด์ คือ แบนด์ 10 (10.6 – 11.19 µm) และแบนด์ 11 (11.5 – 12.51 µm) (รูปที่ 1) โดยทั้งสองแบนด์สามารถใช้สมการหาอุณหภูมิพื้นผิวแบบเดียวกันโดยค่าคงที่ของพารามิเตอร์ที่ใช้สามารถดูได้จากไฟล์_MTL ที่มาพร้อมกับไฟล์ภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท หรือดูจากเว็บไซต์ของ USGS (USGS, 2014) มีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

3.2.1) แปลงค่าจากค่า Digital Number เป็นค่า Spectral Radiance ด้วยสมการ

$$L_\lambda = ML * Qcal + AL \quad ...(3.1)$$

โดยที่ L_λ = TOA spectral radiance (Watts/(m2 * srad * µm))

M_L = Band-specific multiplicative rescaling factor from the metadata (RADIANCE_MULT_BAND_x, where x is the band number)

A_L = Band-specific additive rescaling factor from the metadata (RADIANCE_ADD_BAND_x, where x is the band number)

Q_{cal} = Quantized and calibrated standard product pixel values (DN)

3.2.2) แปลงค่าจาก Radiance เป็นค่าอุณหภูมิพื้นผิว (เคลวิน) ด้วยสมการที่ 3.2

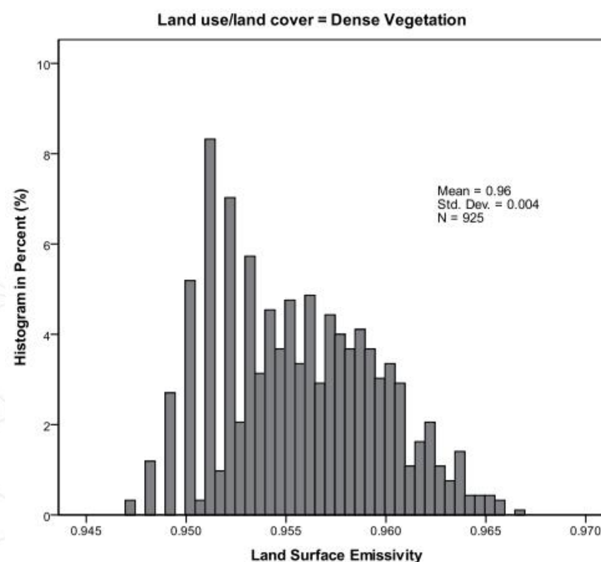
$$Tb = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L_\lambda}+1\right)} \quad ...(3.2)$$

โดยที่ K1 = Calibration Constant1

K2 = Calibration Constant2

L_λ = Radiance_Band_X

3.2.3) ปรับแก้สภาพเปล่งรังสี (emissivity) ซึ่งโดยปกติแล้วสภาพเปล่งรังสีของวัตถุจะได้จากการตรวจวัดในสนาม แต่เนื่องจากในประเทศไทยยังไม่มีการเก็บข้อมูลดังกล่าว จึงใช้สภาพเปล่งรังสีที่อ้างอิงจากบทความของ Mallick, et al. (2012) ได้สรุปสภาพเปล่งรังสีตามลักษณะสิ่งปกคลุมดิน จากบริเวณที่มีปกคลุมพืชหนาแน่น (dense vegetation) ในประเทศอินเดีย ว่ามีค่าเฉลี่ยของ emissivity (ε) = 0.96 จากจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 925 ตัวอย่าง และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.004 ในการศึกษาครั้งนี้จะเลือกใช้สภาพเปล่งรังสี(ε) = 0.96 เพื่อใช้ในการคำนวณหาสภาพเปล่งรังสีของต้นมันสำปะหลังในพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 1 สภาพเปล่งรังสีของสิ่งปกคลุมดินการใช้ที่ดินที่มีพืชพรรณปกคลุมหนาแน่น (Mallick, et al., 2012)

การคำนวณหาค่าอุณหภูมิพื้นผิวที่มีการปรับแก้สภาพเปล่งรังสี ตามสมการของ Weng, et al. (2004)

$$Ts = \frac{Tb}{1+\left(\lambda * \frac{Tb}{p}\right)\ln(\varepsilon)} \quad ...(3.3)$$

โดยที่ Ts = surface temperature (Kelvin)

Tb = brightness temperature

λ = wavelength of emitted radiance ซึ่งค่า λ สำหรับช่วงคลื่นความร้อนของแลนด์แซท 8 แบนด์ 10 มี center wavelength = 10.8 um แบนด์ 11 มี center wavelength = 12 um สำหรับแลนด์แซท 5 แบนด์ 6 มี center wavelength = 11.45 um

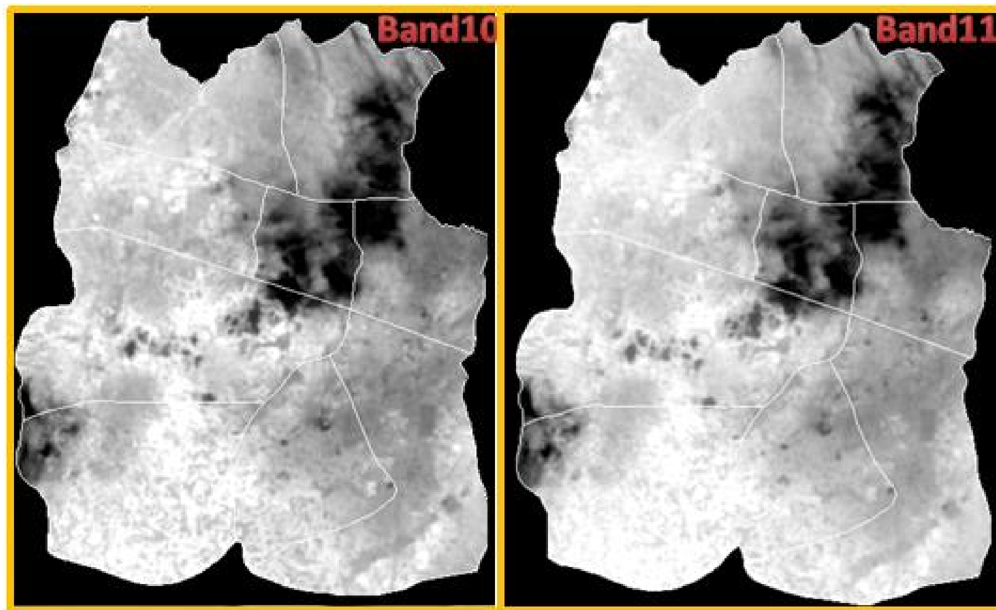
*p = h * c / s* (1.438 * 10^-2 m K)

ε = *emissivity*

3.2.4) แปลงค่าอุณหภูมิเควินเป็นองศาเซลเซียส ด้วยสมการที่ 3.4

$$Ctemp = Tb - 273 \quad ...(3.4)$$

โดยที่ Tb คือค่าอุณหภูมิพื้นผิวในหน่วยเคลวิน



รูปที่ 2 เปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวจากภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 ช่วงคลื่นความร้อนแบนด์ 10 และแบนด์ 11

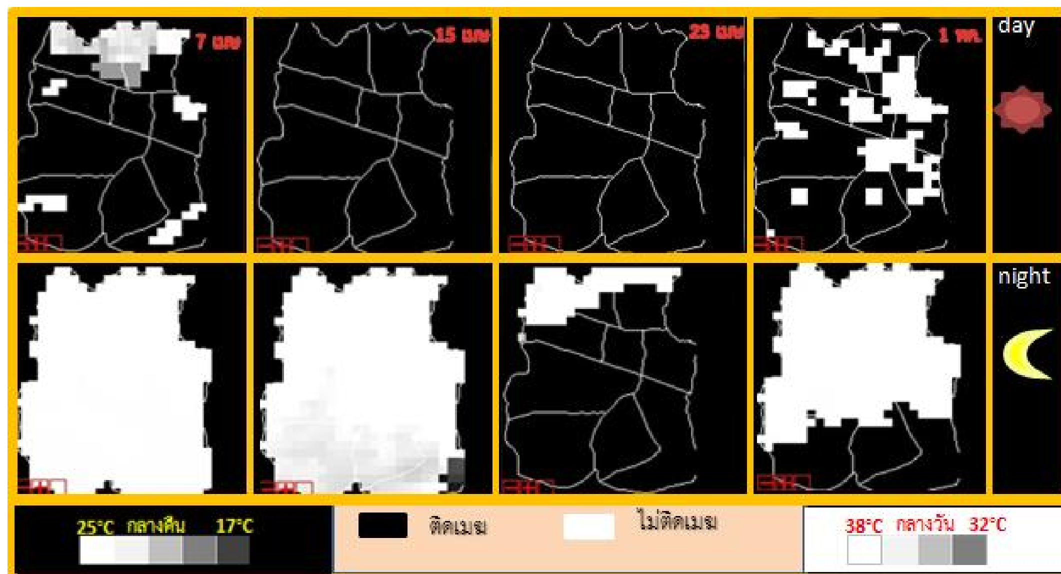
3.3 การคำนวณค่าอุณหภูมิพื้นผิวด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียมเทอร่าโมดิสจะใช้ผลิตภัณฑ์แบบ 8 วัน (MOD11A2) เพื่อช่วยลดปัญหาเมฆบดบัง ซึ่งผลิตภัณฑ์นี้เป็นการเอาข้อมูล LST จากผลิตภัณฑ์ MOD11A1 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์แบบรายวัน 8 วัน มาเฉลี่ย การคำนวณค่าอุณหภูมิกลางวันและอุณหภูมิกลางคืนซึ่งสามารถใช้ ค่าคงที่ (scale factor) 0.02 คูณค่า DN ทั้ง LST_DAY_1km และ LST_Night_1km (ICESS , 2014) ในการคำนวณอุณหภูมิพื้นผิว ดังสมการที่ 3.5 - 3.7 (รูปที่ 3)

$$Tb\ (daytime\ LST) = DN(daytime) * 0.02 \quad ...(3.5)$$

$$Tb\ (nighttime\ LST) = DN(nighttime) * 0.02 \quad ...(3.6)$$

$$Ctemp = Tb - 273 \quad ...(3.7)$$

โดยที่ Tb คือค่าอุณหภูมิพื้นผิวในหน่วยเคลวิน



รูปที่ 3 เปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวจากภาพถ่ายจากดาวเทียมเทอร่าโมดิสอุณหภูมิกลางวันและกลางคืน

3.4 การคำนวณร้อยละการระบาดของเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลัง

ในการคำนวณร้อยละการระบาดได้ลงเก็บข้อมูลภาคสนาม โดยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 จุด สาเหตุที่ใช้จำนวนตัวอย่าง 30 ด้วยข้อจำกัดของเวลาและแรงงาน และจำนวน 30 จุดนี้ถือว่าเป็นขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่เล็กที่สุดที่สามารถหานัยสำคัญทางสถิติได้ การเลือกจุดตัวอย่างได้รับความช่วยเหลือจากเกษตรอำเภอเป็นผู้แนะนำและพาไปยังจุดตัวอย่างทั้ง 30 จุด โดยเลือกตำบลที่มีพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังรวมมากกว่า 20,000 ไร่ ขึ้นไป เพื่อให้ได้แปลงมันสำปะหลังที่ต่อเนื่องและเป็นผืนใหญ่เพื่อให้สอดคล้องกับขนาดรายละเอียดภาพของภาพถ่ายจากดาวเทียม และในการสุ่มเลือกพื้นที่ได้คัดเลือกแปลงที่มีอายุของมันสำปะหลังตั้งแต่อายุ 8 เดือนขึ้นไปเนื่องจากเป็นระยะเวลาที่เริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ (ดังตารางที่ 1) จากนั้นระบุพิกัดของแต่ละตำแหน่งด้วยเครื่องกำหนดตำแหน่งบนโลก (GPS) ณ พื้นที่แปลงปลูกมันสำปะหลัง เพื่อนำขนาดพื้นที่ที่มีการระบาดมาใช้ในการคำนวณค่าร้อยละระดับการระบาดของพื้นที่ระบาดเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลัง

เมื่อได้ขนาดพื้นที่ปลูกมันหน่วยเป็นไร่และพื้นที่ที่มีการระบาดของเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลังหน่วยเป็นไร่ แล้วนำพื้นที่ระบาดหารด้วยพื้นที่เพาะปลูกคูณร้อยก็จะได้ร้อยละของการระบาดในพื้นที่ศึกษาดังสมการที่ 3.8 จากนั้นจึงนำตำแหน่งค่าพิกัดที่ใช้ในการคำนวณร้อยละการระบาดทั้ง 30 จุด ไปหาความสัมพันธ์กับค่าอุณหภูมิพื้นผิว ณ ตำแหน่งเดียวกันเพื่อสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวและร้อยละของการระบาดในรูปแบบ y = a+bx

$$\text{ร้อยละของการระบาด} = \frac{\text{พื้นที่ระบาด (ไร่)}}{\text{พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)}} * 100 \qquad ...3.8$$

ตัวอย่างการคำนวณ นางเอก แซ่คู อยู่บ้านเลขที่ 198 หมู่ที่ 6 ตำบลหนองไม้ไผ่ มีพื้นที่ปลูกมัน 65 ไร่ พบเพลี้ยแป้ง 35 ไร่ มีค่าร้อยละการระบาดเท่ากับ 53

$$\frac{35(\text{ไร่})}{65(\text{ไร่})} * 100 = 53 \text{ ไร่}$$

ตารางที่ 1 รายละเอียดจุดตัวอย่างที่ใช้ในการคำนวณ

ชื่อ-นามสกุล	ตำบล	Temp_b10 (c^0)	Temp_b11 (c^0)	พื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง (ไร่)	พื้นที่พบเพลี้ย (ไร่)	ร้อยละการระบาด
นางเอก แซ่คู	หนองไม้ไผ่	28.49	23.58	65	35	53
น.ส.อารยา บุญจันทร์	หนองตะไก้	29.44	25.27	40	40	100
นางสวัสดิ ผ่านสันเทียะ	หนองไม้ไผ่	28.74	24.18	27	18	67
นายสมโภชน์ เลิศไธสง	หนองหัวแรต	29.21	25.55	50	42	85
นางทอรุ้ง บุตะเขียว	หนองไม้ไผ่	27.88	23.09	57	20	35
นายประจวบ ใยจันอัด	หนองไม้ไผ่	30.32	25.93	10	10	100
นายวิชัย เพ็งเกษม	หนองไม้ไผ่	28.37	24.13	60	37	61
นางผัด ประจิต	แหลมทอง	27.73	23.21	32	5	15
นายเสน่ห์ กาศกระโทก	หนองหัวแรต	29.81	26.35	20	20	100
นางอำ ชินเกษม	หนองไม้ไผ่	27.86	25.27	40	20	50
นายบุญ แตะกระโทก	หนองหัวแรต	28.49	23.90	45	45	100
นายสลัด หาญกล้า	แหลมทอง	30.13	25.82	100	100	100
นางสำเนา หงิมกระโทก	หนองไม้ไผ่	29.79	25.90	8	8	100
นางสายทอง ค่ากระโทก	หนองหัวแรต	28.56	24.38	60	40	65
นายอุทัย พรมพาน	หนองหัวแรต	30.07	25.47	20	20	100
นายศักดิ์ศิริ สิงห์ผักแว่น	หนองไม้ไผ่	30.10	25.40	30	30	100
นางสำเภา ชนิดนอก	แหลมทอง	27.96	23.89	30	5	16
นายเปิง เลิศประไพสกุล	หนองไม้ไผ่	28.04	23.36	9	5	55
นายช่วง ลอกไธสง	หนองบุนนาก	28.47	23.96	10	5	50
นางสร้อย โขนกระโทก	หนองไม้ไผ่	28.88	24.51	60	40	67
นายน้อย แสดกระโทก	หนองไม้ไผ่	29.09	24.51	35	25	71
นายชาติชาย จีนดอน	แหลมทอง	29.29	24.68	50	49	98
นางบุญเรือน ดอกทุเรียน	หนองตะไก้	29.11	25.39	61	61	100
นางก่วง พูกระโทก	หนองหัวแรต	29.28	25.12	25	20	80
นายทรงชัย ทิศกระโทก	หนองบุนนาก	28.08	25.20	10	5	50
นายวิเชียร จิตรสุข	หนองไม้ไผ่	27.97	23.96	12	5	42
นส.นันทยา ลัดกลาง	หนองบุนนาก	28.47	24.98	60	30	50
นายบุญช่วย ต่วมกระโทก	แหลมทอง	29.79	25.91	10	10	100
นายอุดม แบนอภัย	หนองไม้ไผ่	27.82	24.09	15	5	33

3.5 การตรวจสอบความถูกต้อง

การตรวจสอบความถูกต้องด้วยวิธีการ MAPE (Mean Absolute Percentage Error) หรือร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ คือค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่วัดจากขนาดของค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์เทียบกับค่าจริง ค่าวัดความถูกต้องนี้ไม่มีหน่วย (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2544) โดยค่า MAPE ยิ่งน้อย หมายถึง การพยากรณ์ยิ่งแม่นยำ เช่น ถ้าค่า MAPE มีค่าร้อยละ 20 หมายความว่า มีความคลาดเคลื่อนของข้อมูลร้อยละ 20 มีความถูกต้องของข้อมูลร้อยละ 80 สำหรับวิธีการหาค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAPE) ซึ่งมีสูตร ดังสมการที่ 3.9และสมการที่ 3.10

$$PE = \frac{X_i - F_i}{X_i} * 100 \quad ...(3.9)$$

$$MAPE = \frac{\sum_{k=i}^{n} -|PE|}{n} \quad ...(3.10)$$

โดยที่ PE = ร้อยละความคลาดเคลื่อน (Percentage Error)

|PE| = ค่าสัมบูรณ์ของร้อยละความคลาดเคลื่อน

Fi = ค่าคาดการณ์ของช่วงเวลาที่ i

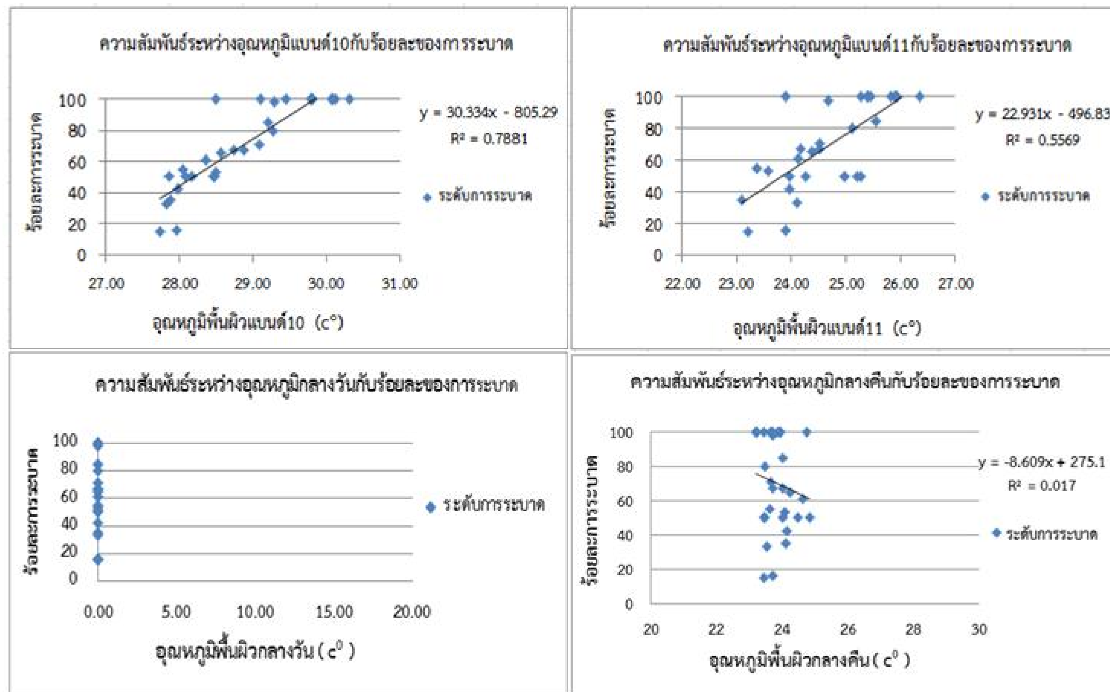
Xi = ค่าที่ได้จากการสำรวจ ณ ช่วงเวลาที่ i

n = จำนวนตัวอย่าง

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการตรวจหาพื้นที่ระบาดของเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลังด้วยช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนจากภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 และภาพถ่ายจากดาวเทียมเทอร่าโมดิส

การตรวจหาพื้นที่ระบาดของเพลี้ยแป้ง ด้วยค่าอุณหภูมิพื้นผิวจากภาพถ่ายจากดาวเทียม พบว่าอุณหภูมิพื้นผิวของภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 แบนด์10 มีสมการความสัมพันธ์ y = 30.334x - 805.29มีค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ R^2=0.788 สูงกว่าแบนด์ 11 มีสมการความสัมพันธ์ y = 22.931x - 496.83 ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ R^2=0.556 จึงสามารถนำไปใช้ในการตรวจหาการระบาดของเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลังได้ดีที่สุด อย่างไรก็ตามพบว่าอุณหภูมิพื้นผิวกลางวันจากภาพถ่ายดาวเทียมเทอร่าโมดิส ในพื้นที่ศึกษาถูกปกคลุมด้วยเมฆจึงไม่สามารถหาความสัมพันธ์ได้ ในขณะที่ค่าอุณหภูมิพื้นผิวกลางคืนสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ระบาดกับอุณหภูมิพื้นผิวกลางคืนได้ดังสมการความสัมพันธ์ y = -8.609x + 275.1 มีค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ R^2 = 0.017 จึงไม่สามารถนำไปใช้ในการตรวจหาการระบาดของเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลังได้ นอกจากนี้ยังพบว่า อุณหภูมิพื้นผิวของภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 ในแบนด์ 10 มีอุณหภูมิพื้นผิวสูงกว่า 27 องศาเซลเซียส ในทุกๆ จุดตัวอย่างของไร่มัน ในขณะที่แบนด์ 11 จะมีอุณหภูมิพื้นผิวที่ต่ำกว่าแบนด์ 10 กล่าวคือ มีค่าอยู่ระหว่าง 23 - 26 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิพื้นผิวที่สูงขึ้นนี้ส่งผลให้ร้อยละการระบาดเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นอุณหภูมิพื้นผิวกับระดับการระบาดจึงมีความสัมพันธ์เป็นแบบแปรผันตามกัน คือ บริเวณที่มีค่าอุณหภูมิพื้นผิวสูงการระบาดของเพลี้ยแป้งจะสูงตามไปด้วย ในส่วนของค่าอุณหภูมิพื้นผิวที่ได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียมเทอร่าโมดิส พบว่าอุณหภูมิกลางวันกับค่าร้อยละการระบาด ไม่สามารถหาค่าอุณหภูมิได้เนื่องจากภาพมีเมฆปกคลุมทั้งพื้นที่ศึกษา ทำให้ค่าของอุณหภูมิกลางวันเท่ากับ 0 องศาเซลเซียสในทุก ๆ จุดตัวอย่าง แต่อย่างไรก็ตามสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิกลางคืนกับค่าร้อยละการระบาดได้ พบว่าอุณหภูมิกลางคืนในจุดตัวอย่าง มีค่าอยู่ระหว่าง 23.2 - 24.8 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิพื้นผิวกลางคืนนั้นต่างกันน้อยมาก มีผลต่างไม่เกิน 1.6 องศาเซลเซียส ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวกลางคืนที่มีค่าใกล้เคียงกันมาก ส่งผลให้ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกลางคืนกับร้อยละการระบาดที่ได้ต่ำมาก จนไม่สามารถนำไปใช้คาดการณ์การระบาดได้ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับร้อยละการระบาดจากภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซท 8 แบนด์ 10 และแบนด์ 11 และภาพถ่ายดาวเทียมเทอร่าโมดิสอุณหภูมิพื้นผิวกลางวันและอุณหภูมิพื้นผิวกลางคืน

4.2 ผลการเปรียบเทียบศักยภาพในการการตรวจหาพื้นที่ระบาดของเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลังด้วยค่าอุณหภูมิพื้นผิวจากภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 และภาพถ่ายจากดาวเทียมเทอร่าโมดิส

ผลจากการวิจัยจะเห็นได้ว่าภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 มีประสิทธิภาพในการตรวจหาการระบาดของเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลังได้ดีกว่าภาพถ่ายจากดาวเทียมเทอร่าโมดิส เนื่องจากภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 แบนด์ 10 ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจสูงที่สุด หากเปรียบเทียบในแง่ของความละเอียดภาพ (spatial resolution) และความยาวช่วงคลื่น (spectral range) พบว่าดาวเทียมแลนด์แซท 8 มีช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนที่มีความยาวคลื่น 10.6 - 11.19 ไมโครเมตร ซึ่งมีความยาวคลื่นสั้นกว่าความยาวคลื่นของดาวเทียมเทอร่าโมดิสที่มีความยาวคลื่น 10.7 - 12.3 ไมโครเมตร ทำให้การตรวจวัดอุณหภูมิพื้นผิวมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า ตามทฤษฎีคลื่นอินฟราเรดความร้อน ที่ว่ายิ่งความยาวคลื่นสั้นเท่าใดพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าจะยิ่งสัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวทั้งเชิงเส้น และทิศทางมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ Prabhakar et al. (2013) ก็กล่าวถึงความยาวคลื่นว่ามีความสำคัญที่สุดในการติดตามความเสียหายจากเพลี้ยแป้งด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ถึงแม้ว่าภาพถ่ายจากดาวเทียมเทอร่าโมดิสจะมีความถี่ในการบันทึกข้อมูลซ้ำ (temporal resolution) มากกว่าดาวเทียมแลนด์แซท 8 แต่กลับพบว่าอุณหภูมิพื้นผิวที่ได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียมเทอร่าโมดิส มีปัญหาเมฆบดบังข้อมูลมากกว่าภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 จึงส่งผลให้ข้อมูลช่วงคลื่นความร้อนจากดาวเทียมเทอร่าโมดิสไม่สามารถนำมาใช้ในการตรวจหาการระบาดของเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลังได้

เมื่อพบว่าอุณหภูมิพื้นผิวจากภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 ให้ผลดีที่สุด ดังนั้นจึงใช้สมการถดถอยเชิงเส้นที่ได้จากอุณหภูมิพื้นผิวแบนด์ 10 $y = 30.334x - 805.29$ มาใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่ระบาดของเพลี้ยแป้ง โดยการแทนที่ค่าเอ็กซ์ (x) ด้วยอุณหภูมิแบนด์ 10 จะทำให้ได้ค่า y คือ ร้อยละของพื้นที่ระบาดของเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลัง จากนั้นนำภาพที่ได้มาจัดทำแผนที่แสดงร้อยละการระบาดของเพลี้ยแป้งด้วยค่าอุณหภูมิพื้นผิว ดังรูปที่ 5 โดยกำหนดการแบ่งช่วงของระดับการระบาดเป็นแบบ Equal Interval คือ ไม่มีการระบาด (พื้นที่สีขาว) การระบาดตั้งแต่ ร้อยละ 1 - 33.33 เป็นระบาดน้อย (พื้นที่สีเขียว) การระบาดตั้งแต่ร้อยละ 33.34 - 66.66 เป็นระบาดปานกลาง (พื้นที่สีเหลือง) และการระบาดตั้งแต่ร้อยละ 66.67 - 100 เป็นระบาดมาก (พื้นที่สีแดง)

4.3 การตรวจสอบความถูกต้องของผลการวิจัยด้วยวิธี MAPE กับข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิว (แบนด์10)

การตรวจสอบความถูกต้องด้วยวิธีการ MAPE (Mean Absolute Percentage Error) หรือร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (ดังสมการที่ 4.1) MAPE คือค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่วัดจากขนาดของค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์เทียบกับค่าจริง โดยค่า MAPE ยิ่งน้อย หมายถึง การพยากรณ์ยิ่งแม่นยำ เมื่อนำสมการที่ได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน แบนด์ 10 คือ y = 30.334x - 805.29 ซึ่งมีค่า R^2 สูงสุด มาตรวจสอบความถูกต้องกับพื้นที่ระบาด ด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 บันทึกข้อมูลวันที่ 31 มีนาคม 2557 ซึ่งมีระดับการระบาดใกล้เคียงกับการระบาด วันที่ 16 เมษายน 2557 มากที่สุด เนื่องจากดาวเทียมนี้จะวนมาถ่ายซ้ำที่เดิมทุกๆ 16 วัน มาทำการตรวจสอบ ณ ตำแหน่งเดียวกันทั้ง 30 ตำแหน่ง

$$MAPE = \frac{\sum_{k=i}^{n} -|PE|}{n} \quad ...(4.1)$$

โดยที่ PE = ร้อยละความคลาดเคลื่อน (Percentage Error)

|PE| = ค่าสัมบูรณ์ของร้อยละความคลาดเคลื่อน

Fi = ค่าคาดการณ์ของช่วงเวลาที่ i

Xi = ค่าที่ได้จากการสำรวจ ณ ช่วงเวลาที่ i

n = จำนวนตัวอย่าง

เมื่อแทนค่าลงสมการพบว่า ค่าเฉลี่ยของร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของการตรวจสอบความถูกต้องของภาพถ่ายจากดาวเทียม เดือนมีนาคม 2557 มีค่าเท่ากับร้อยละ 6.60 หมายถึง ข้อมูลชุดนี้มีความถูกต้องถึงร้อยละ 94.40

$$MAPE = \frac{198.001}{30} = 6.60\ \%$$

4.3 การวิเคราะห์พื้นที่ระบาดโดยใช้ค่าอุณหภูมิพื้นผิวเทียบกับภาพถ่ายจากดาวเทียมปีอื่น

ขั้นตอนนี้ต้องการนำสมการความสัมพันธ์ระหว่าค่าอุณหภูมิพื้นผิวกับร้อยละการระบาดจากภาพถ่ายดาวจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 แบนด์ 10 ที่มีค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจสูงสุด ที่คำนวณได้จากปี 2557 คือ y = 30.334x - 805.29 R^2 = 0.78 ไปคำนวณหาพื้นที่ระบาด โดยเลือกช่วงเวลาที่มีการระบาดของเพลี้ยแป้งรุนแรงโดยใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 5 แบนด์ 6 บันทึกข้อมูลวันที่ 18 เมษายน 2552 ซึ่งเป็นปีที่เคยระบาดรุนแรง มาผลของระดับการระบาด ที่ได้สมการดังสมการที่ 4.2เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบให้เห็นว่าสมการดังกล่าวสามารถแสดงผลระดับการระบาดของเพลี้ยแป้งในพื้นที่เดียวกันได้

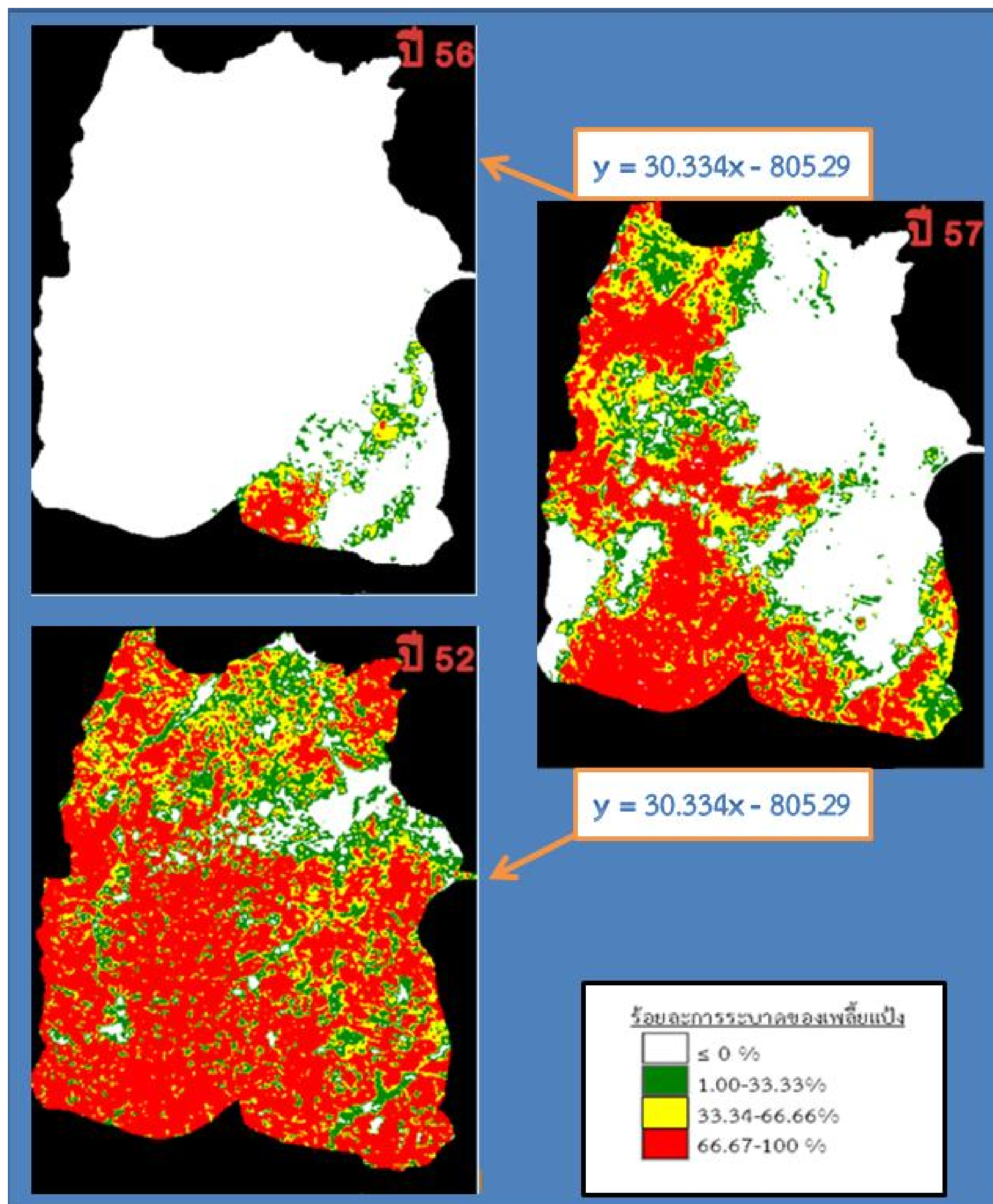
ร้อยละของพื้นที่ระบาด (y) = 30.334 x อุณหภูมิพื้นผิว (ปี52) - 805.29 ...(4.2)

และใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 แบนด์ 10 บันทึกข้อมูลวันที่ 13 เมษายน 2556 ซึ่งเป็นปีที่ไม่มีการระบาด มาแสดงผลระดับการระบาดที่ได้สมการดังสมการที่ 4.3เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบให้เห็นว่าสมการดังกล่าวสามารถแสดงผลระดับการระบาดของเพลี้ยแป้งในพื้นที่เดียวกันได้

ร้อยละของพื้นที่ระบาด (y) = 30.334 x อุณหภูมิพื้นผิว (ปี56) - 805.29 ...(4.3)

ผลที่ได้พบว่าในปี 2552 มีพื้นที่การระบาดที่คำนวณได้จากสมการมากกว่าปี 2557 โดยช่วงร้อยละการระบาดที่พบมากที่สุดอยู่ในช่วงระบาดมาก (66.67-100%) เนื่องจากปี 2552 เป็นปีที่พบว่ามีการระบาดที่

รุนแรงกว่าปี 2557 อย่างไรก็ตามเนื่องจากไม่สามารถหาสถิติการระบาดจริงของพื้นที่ศึกษาในปี 2552 จึงไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกับระดับการระบาดที่คำนวณได้จากภาพถ่ายดาวเทียมได้ ส่วนระดับการระบาดที่คำนวณได้ ในปี 2556 พบว่าพื้นที่การระบาดที่คำนวณได้จากสมการน้อยกว่าปี 2557 โดยช่วงร้อยละการระบาดที่พบมากที่สุดอยู่ในช่วงไม่ระบาด (≤ 0%) เนื่องจากปี 2556 เป็นปีที่ไม่มีการระบาดของเพลี้ยแป้งอย่างรุนแรง ทำให้ไม่มีการลงเก็บข้อมูลจึงไม่มีระดับการระบาดจริงมาเปรียบเทียบ อย่างไรก็ตาม สมการที่คำนวณจากอุณหภูมิพื้นผิวในปี 57 สามารถแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของพื้นที่ที่มีการระบาดของเพลี้ยแป้งได้ทั้งในปี 2552 และปี 2556 (รูปที่ 5)



รูปที่ 5 เปรียบเทียบร้อยละพื้นที่ระบาดของเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลังที่คำนวณจากสมการ y = 30.334x - 805.29 จากอุณหภูมิพื้นผิวที่ได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท ปี 2552 2556 และ 2557

5. วิจารณ์ผลและสรุปผล

การตรวจหาพื้นที่ระบาดของเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลังด้วยอุณหภูมิพื้นผิว ในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน สามารถใช้บอกถึงอุณหภูมิเรือนยอดและสามารถบอกถึงความเครียดของต้นมันสำปะหลัง อุณหภูมิพื้นผิวที่สูงขึ้นจะบ่งบอกถึงการขาดน้ำของพืชอันเนื่องมาจากถูกแมลงรบกวนดูดกินน้ำเลี้ยงในต้นมันสำปะหลัง อุณหภูมิพื้นผิวจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนแบนด์ 10 ให้ผลดีที่สุดในการวิเคราะห์หาพื้นที่ระบาดของเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลัง เนื่องจากช่วงคลื่นอินฟาเรดความร้อน เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติในการแผ่รังสีความร้อนจากวัตถุ โดยความเข้มในการแผ่รังสีองค์ประกอบเชิงคลื่นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติในตัววัตถุ และอุณหภูมิของวัตถุจากการแผ่รังสีของวัตถุ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของต้นมันสำปะหลัง ที่พบการระบาดของเพลี้ยแป้งจะมีอุณหภูมิพื้นผิวสูงกว่าบริเวณที่มีต้นมันสำปะหลังที่ไม่พบการระบาด โดยพืชจะแสดงการขาดน้ำออกทางพื้นผิวของใบ จึงทำให้อุณหภูมิพื้นผิวบริเวณนั้นสูงขึ้น สาเหตุที่ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวแบนด์ 10 ของภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 สามารถตรวจหาพื้นที่ระบาดได้ดีกว่าแบนด์ 11 เนื่องจากแบนด์ 10 มีความยาวคลื่นเท่ากับ 10.6 - 11.19 ไมโครเมตร (μm) และ แบนด์ 11 มีความยาวคลื่นเท่ากับ 11.5 - 12.51 ไมโครเมตร (μm) ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีคลื่นอินฟราเรดความร้อน ที่ว่ายิ่งความยาวคลื่นสั้นเท่าใด พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าจะยิ่งสัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวทั้งเชิงเส้นและทิศทางมากยิ่งขึ้น ในที่นี้คือมีความแม่นยำในการตรวจวัดค่าอุณหภูมินั่นเอง (เชาวลิต ศิลปะทอง, 2545) เพราะทั้งแบนด์ 10 และแบนด์ 11 มีรายละเอียดภาพ 100 เมตรเท่ากัน ดังนั้นจึงมีสิ่งที่แตกต่างกันประการเดียวคือมีความยาวคลื่นไม่เท่ากัน ซึ่งหากอ้างอิงตามทฤษฎีอินฟราเรดความร้อน ตามกฎของแพลงค์ (Plack 's law) และกฎการแทนที่ของวีน (Wien's displacement law) สาเหตุที่ทำให้ความยาวคลื่นยิ่งสั้นยิ่งสามารถตรวจวัดอุณหภูมิได้ดีเนื่องจากวัตถุต่างๆเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้นจะปลดปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาในปริมาณที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิของวัตถุนั้นเมื่ออุณหภูมิของวัตถุสูงขึ้นค่าความยาวคลื่นที่ให้ความเข้มสูงสุดจะมีค่าลดลง (ความยาวคลื่นสั้นลง) ดังนั้นความเข้มของแสงในแต่ละความยาวคลื่นย่อมส่งผลต่อการแผ่รังสีความร้อนหรืออุณหภูมิของวัตถุ ดังนั้นการนำภาพถ่ายจากดาวเทียมช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนมาใช้ในการตรวจหาพื้นที่ระบาดทำให้ทราบถึงการกระจายเชิงพื้นที่ ของการระบาดของเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลัง โดยใช้ค่าอุณหภูมิพื้นผิวที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซท 8 แบนด์ 10 ทำให้สามารถลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการสำรวจพื้นที่ระบาดในภาคสนามลง และทำให้มีข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารจัดการพื้นที่ระบาดได้ดีขึ้นเพื่อให้เกษตรอำเภอ หรือหน่วยงานที่มีหน้าที่แนะนำให้ความรู้กับเกษตรกร เช่น กรมส่งเสริมการเกษตร สามารถให้คำแนะนำหาแนวทางการป้องกัน และจัดการผลกระทบที่เกิดจากการระบาดของเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลัง รวมถึงการแจ้งเตือนเกษตรกรให้เก็บเกี่ยวผลผลิตก่อนที่การระบาดจะลุกลามออกไปเป็นวงกว้างเพื่อลดผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถติดตามและป้องกันการระบาดซ้ำในพื้นที่ที่เคยประสบปัญหาการระบาดได้อีกด้วย

6. ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยนี้ใช้ค่าอุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 และเทอร่าโมดิส เพื่อตรวจหาพื้นที่ระบาดของเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลัง ซึ่งในการวิจัยครั้งต่อไปควรลองใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม ASTER หรือ NOAA เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อให้สามารถเลือกใช้ข้อมูลที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจหาพื้นที่ระบาดของเพลี้ยแป้งด้วยช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนต่อไปในอนาคต

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการดำเนินงานโครงการสำหรับกลุ่มวิจัย มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ประจำปี 2558

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. (2557). **รายงานฉบับผู้บริหาร.** Retrieved November 7, 2014, from http://www.ldd.go.th/menu_assess/sompalang_46/mansompalang_46_table.pdf

กรมวิชาการเกษตร. (2557). **รู้จักเพลี้ยแป้งมันสำปะหลัง.** Retrieved November 7, 2014, from http://at.doa.go.th/mealybug/mealybug.htm.

กัลยา วานิชย์บัญชา. (2544). **การวิเคราะห์สถิติเพื่อการตัดสินใจ.** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จรุงสิทธ์ ลิ่มศาลา และ อัจฉรา ลิ่มศิลา. (2537). **ประวัติการแพร่กระจายความสำคัญและดินฟ้าอากาศที่เหมาะสมในมันสำปะหลัง.** ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (อัดสำเนา).

เชาวลิต ศิลปะทอง. (2545). **หลักการเบื้องต้นการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน).

ประภาส ช่างเหล็ก. (2552). **"มันสำปะหลัง" เพื่ออาหารและพลังงานทดแทนของโลก.** กรุงเทพมหานคร: สถาบันค้นคว้าและพัฒนาระบบนิเวศเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมาคมมันสำปะหลังแห่งประเทศไทย. (2558). **รายงานการสำรวจทบทวนภาวะการผลิตและค้ามันสำปะหลังฤดูการผลิตปี 2557/58.** Retrieved June 7, 2015, from http://www.thaitapiocastarch.org/pdf/crop/14-15/02.pdf.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2557). **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2556.** กรุงเทพมหานคร: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

โอภาษ บุญเส็ง. (2552). เพลี้ยแป้งมหันตภัยต่อมันสำปะหลัง. **กสิกร, 86** (20), 20-38.

ICESS. (2014) **The SDSs in the MOD11A1 product.** Retrieved November 7, 2014, from http://www.icess.ucsb.edu/modis/LstUsrGuide/usrguide_1dtil.html#Table_9

Laboratory for Terrestrial Remote Sensing. (2014). **What is Land surface temperature (LST) in Reomote sensing.** Retrieved November 7, 2014, from http://web.uri.edu/ltrs/remote-sensing-modeling-in-simulation-of-the-earth-surface-temperature.

Lillesand, T.M. and Kiefer R.W. (2000). **Remote sensing and image interpretation.** 4th. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Mallick, J.,Singh, C.K., Shashtri, S. , Rahman, A.& Mukherjee, S. (2012). Land surface emissivity retrieval base on moisture index from Landsat TM satellite data over heterogeneous surface of Delhi city. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**. 19, 348-358.

Prabhakar et al. (2013). Hyperspectral indices for assessing damage by the solenopsis mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae) in cotton. **Computers and Electronics in Agriculture,** (97), 61-70.

Singh, S.K., Dutta Sujay and Dharaiya Nishith. (2013). Evaluation of probable hot spots of mealybug concentration in cotton growing areas of Sirsa district using satellite data. **International Journal for Life Sciences and Educational Research, 1** (3), 115–119.

USGS. (2014). **Landsat 8 Using Product.** Retrieved November 7, 2014, from: http://landsat.usgs.gov//Landsat8_Using_Product.php.

Weng, Q., Lu, D. and J. Schubring. (2004). Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies**. Remote Sensing of Environment**, 89(4), 467-483.

โปรแกรมประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อสนับสนุนโครงการพัฒนาโรงไฟฟ้ากระบี่

GIS Application for Supporting Krabi Power Plant Project

กมลรัตน์ จุรีสัมพันธ์ และ วิวัฒน์ คล้ายรัศมี

Kamolratn Chureesampant and Wiwat Khlairasamee

กองแผนที่และสารสนเทศภูมิศาสตร์ ฝ่ายสำรวจ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ถนนจรัญสนิทวงศ์ ตำบลบางกรวย อำเภอบางกรวย นนทบุรี 11130

โทรศัพท์ 02-436-0813 โทรสาร 02-436-0891

e-mail: kamolratn.c@egat.co.th, wiwat.k@egat.co.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอความสามารถของการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อสนับสนุนการดำเนินงานของโครงการพัฒนาโรงไฟฟ้ากระบี่ ในขั้นต้นได้จัดสร้างฐานข้อมูลกลางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย ด้านรายละเอียดโครงการ ด้านชุมชน และด้านสิ่งแวดล้อม ครอบคุลมพื้นที่โดยรอบรัศมี 5 กิโลเมตรของโรงไฟฟ้ากระบี่ และท่าเทียบเรือบ้านคลองรั้ว เพื่อให้บริการข้อมูลแก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จากนั้นได้พัฒนาโปรแกรมประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อใช้ในการแสดงผล วิเคราะห์และคาดการณ์ โดยเผยแพร่ผ่านระบบเครือข่ายอินทราเน็ตภายในองค์กร ซึ่งมีฟังก์ชันสนับสนุนงานด้านต่างๆ ได้แก่ *ด้านรายละเอียดโครงการ* สามารถแสดงแบบแผนผังและข้อมูลรายละเอียดด้านวิศวกรรม ข้อมูลคาดการณ์ความสูงน้ำที่เรือสามารถผ่านเข้าท่าเทียบเรือ *ด้านชุมชน* สามารถแสดงข้อมูลกิจกรรมที่ได้ทำร่วมกับชุมชน ข้อมูลผู้นำชุมชนและเครือข่าย พร้อมทั้งทัศนคติที่มีต่อโครงการพัฒนาโรงไฟฟ้า เพื่อช่วยในการประสานงานติดต่อได้อย่างมีประสิทธิภาพ *ด้านสิ่งแวดล้อม* สามารถแสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศ น้ำ และเสียงในรูปแบบการประมาณการเชิงพื้นที่ เป็นต้น โดยสรุปแล้ว โปรแกรมประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อสนับสนุนโครงการโรงไฟฟ้ากระบี่ จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องได้รับข้อมูลที่ถูกต้อง ทันสมัย และสามารถนำเสนอความก้าวหน้าของโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งเป็นการสนับสนุนการดำเนินงาน และแสดงออกถึงความรับผิดชอบต่อสังคม ชุมชนและสิ่งแวดล้อม เพื่อการพัฒนาโรงไฟฟ้ากระบี่อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: โปรแกรมประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โครงการพัฒนาโรงไฟฟ้ากระบี่ ชุมชนและสิ่งแวดล้อม

ABSTRACT

This paper presents the geographic information system (GIS) capabilities for applying with management of the Krabi power plant project in the view point of project detail, environmental and social, covering an area of five kilometers radius from power plant and Klong Rua pier. The geospatial database is established, which regards of three aspects to provide information for the relevant authorities. Then, the GIS application is developed in order to demonstrate, analyze and forecast via intranet. There are GIS functions based on three aspects including project detail (e.g., showing map layout and detailed engineering information), social (e.g., showing the activities details of social; showing the information of community leaders and network with attitudes towards power plant development) and environmental (e.g., showing the interpolation of air, water, and sound qualities), etc. In conclusion, the GIS application allows the authorities to receive accurate and up-to-date

information and to present an advancement of the project efficiently and in the same direction. This will support the management and responsibility of social and environmental to develop sustainable Krabi power plant project

KEY WORDS: GIS Application, Krabi Power Plant Project, Project Detail, Social and Environmental

1. บทนำ

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) เป็นรัฐวิสาหกิจด้านกิจการพลังงานภายใต้การกำกับดูแลของกระทรวงพลังงาน ดำเนินธุรกิจหลักในการผลิต จัดให้ได้มา และจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า ให้แก่การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ผู้ใช้ไฟฟ้าตามกฎหมายกำหนด และประเทศใกล้เคียง ปัจจุบันความต้องการใช้ไฟฟ้าในภาคใต้ของประเทศไทยเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และเพื่อรองรับการใช้ไฟฟ้าให้ครอบคลุมทั้ง 7 จังหวัดชายแดนภาคใต้ กฟผ. จึงได้พิจารณาให้มีการสร้างโรงไฟฟ้าถ่านหินกระบี่ ด้วยเหตุผลหลายประการดังต่อไปนี้ (1) เดิมมีโรงไฟฟ้ากระบี่เก่า ซึ่งได้ปิดเครื่องลงเมื่อวันที่ 30 กันยายน 1995 จึงสามารถใช้ที่ตั้งเดิมในการสร้างโรงไฟฟ้ากระบี่ใหม่ โดยไม่จำเป็นต้องหาสถานที่ใหม่ อีกทั้งชุมชนยังมีความคุ้นเคยกับโรงไฟฟ้า (2) เพื่อดำเนินงานตามนโยบายของแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศ (Power Development Plan : PDP) ปี 2553 ให้มีการสร้างโรงไฟฟ้าถ่านหินขนาด 800 เมกะวัตต์ ดังนั้น โครงการโรงไฟฟ้ากระบี่ใหม่จึงถูกพัฒนาขึ้น ตั้งอยู่ที่ตำบลคลองขนาน อำเภอเหนือคลอง จังหวัดกระบี่ และมีท่าเทียบเรือพื่อขนถ่ายถ่านหินอยู่ที่บ้านคลองรั้ว โดยถ่านหินจะถูกนำเข้าจากประเทศอินโดนีเซีย และลำเลียงผ่านสายพานยาว 8.4 กิโลเมตรถึงโรงไฟฟ้า

การดำเนินงานโครงการพัฒนาโรงไฟฟ้ากระบี่ มีหลายหน่วยงานภายในที่เกี่ยวข้อง เช่น หน่วยงานด้านการวางแผนโครงการ หน่วยงานด้านวิศวกรรมเทคนิค หน่วยงานด้านการสำรวจ หน่วยงานด้านสิ่งแวดล้อม หน่วยงานด้านชุมชน เป็นต้น หน่วยงานข้างต้นมีความจำเป็นต้องแลกเปลี่ยนข้อมูลสารสนเทศเพื่อใช้งานข้อมูลร่วมกัน รวมทั้งข้อมูลที่อ้างอิงกับตำแหน่ง เช่น ตำแหน่งโรงไฟฟ้า ตำแหน่งท่าเทียบเรือ หรือตำแหน่งสายพานบนภาพแผนที่ เพื่อใช้สื่อสารให้เป็นไปในทิศทางเดียวกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อสนับสนุนโครงการพัฒนาโรงไฟฟ้ากระบี่ ในการบริหารจัดการข้อมูลในด้านต่างๆ ได้แก่ ด้านรายละเอียดโครงการ (เช่น แบบแปลนโรงไฟฟ้ากระบี่ แบบแปลนอาคารเก็บถ่านหินสำรองแบบปิด แบบแปลนสายพานลำเลียงถ่านหิน หรือแบบแปลนท่าเทียบเรือขนถ่ายถ่านหิน) ด้านชุมชน (เช่น ข้อมูลพื้นฐานชุมชน ทุนทางสังคม กิจกรรมสังคม หรือครัวเรือน) และด้านสิ่งแวดล้อม (เช่น ข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศ น้ำ เสียง และสิ่งแวดล้อมทางทะเลบริเวณเส้นทางขนส่งและท่าเทียบเรือ) โดยจัดทำเป็นฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อรวมข้อมูลให้เป็นศูนย์กลาง สะดวกต่อการเข้าถึงและแลกเปลี่ยนข้อมูลได้ตลอดเวลา รวมทั้งข้อมูลจะมีความถูกต้องและทันสมัย เพราะได้รับข้อมูลจากเจ้าของหน่วยงาน นอกจากนี้ โปรแกรมประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ถูกพัฒนา เพื่อใช้แสดงผล วิเคราะห์ และคาดการณ์ ซึ่งช่วยสนับสนุนการตัดสินใจของผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานโครงการ ทั้งนี้ โปรแกรมประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์นี้ สามารถเป็นระบบนำร่องเพื่อประยุกต์ใช้ในการบริหารและจัดการโครงการพัฒนาโรงไฟฟ้าอื่นๆ ในอนาคตต่อไป

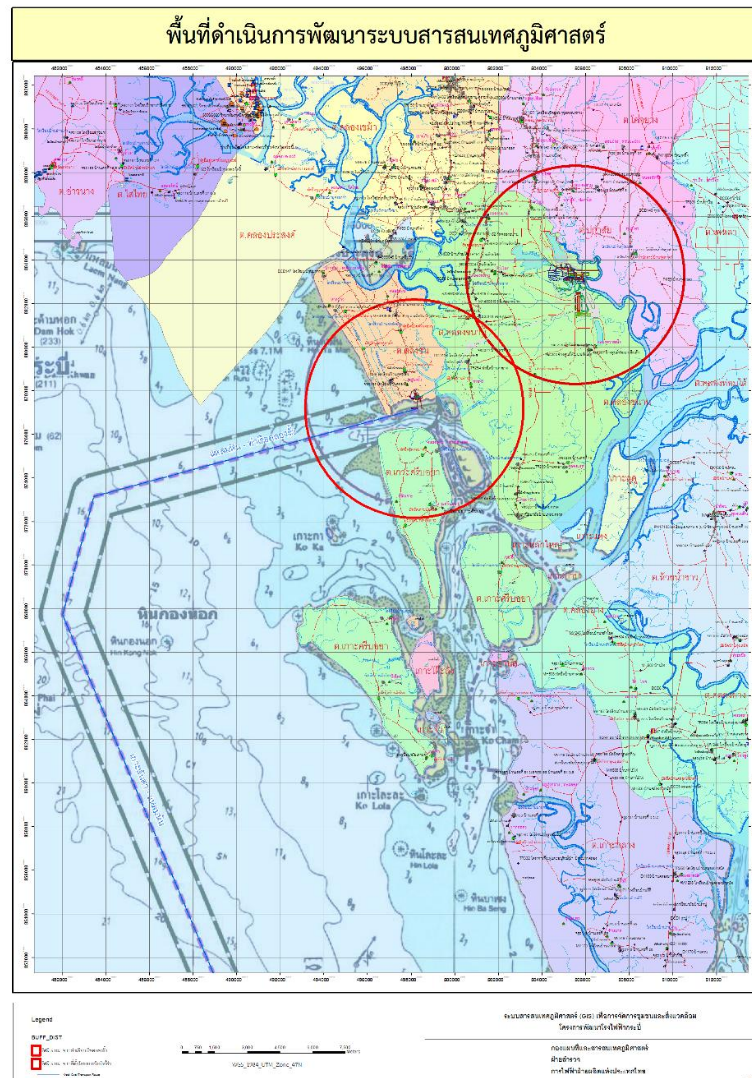
2. วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์หลักของบทความนี้ จะนำเสนอประโยชน์ของการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อสนับสนุนการดำเนินงานโครงการพัฒนาโรงไฟฟ้ากระบี่ ในด้านรายละเอียดโครงการ ด้านชุมชม และด้านสิ่งแวดล้อม ในส่วนที่ 2 นำเสนอขอบเขตพื้นที่ของการพัฒนาระบบ ส่วนที่ 3 อธิบายถึงการออกแบบระบบ ส่วนที่ 4 นำเสนอฟังก์ชันต่างๆ และส่วนที่ 5 รายงานข้อสรุป

3. วิธีการดำเนินงาน

3.1 ขอบเขตพื้นที่ของการพัฒนาระบบ

โรงไฟฟ้ากระบี่ ตั้งอยู่ที่ตำบลคลองขนาน อำเภอเหนือคลอง จังหวัดกระบี่ ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 7,200 ไร่ โดยตัวโรงไฟฟ้าใช้พื้นที่ประมาณ 600 ไร่ พื้นที่พัฒนาโปรแกรมประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ครอบคลุมพื้นที่รัศมี 5 กิโลเมตร จากโครงการพัฒนาโรงไฟฟ้ากระบี่ และท่าเทียบเรือบ้านคลองรั้ว ดังแสดงในรูปที่ 1



รูป 1 แผนที่แสดงขอบเขตพื้นที่ของการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ครอบคลุมพื้นที่รัศมี 5 กิโลเมตร จากโรงไฟฟ้ากระบี่และท่าเทียบเรือบ้านคลองรั้ว

3.2 การออกแบบระบบ

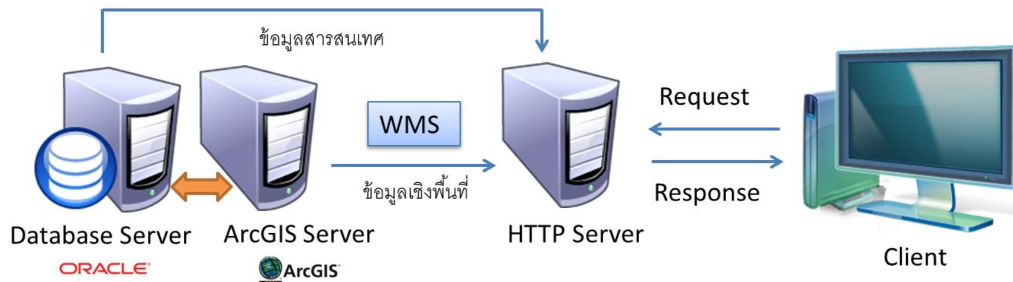
การออกแบบระบบประกอบ 2 ส่วน ได้แก่ โครงสร้างระบบ และโครงสร้างฐานข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

(1) โครงสร้างระบบ (System Structure)

ระบบเป็น Web-based Application คือโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้งานในลักษณะ WWW ทำงานผ่านเว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser) โดยใช้ Oracle เป็น Database Server ซึ่งเป็นโปรแกรมจัดการฐานข้อมูล และใช้ ArcGIS Server สำหรับการสร้าง Web Map Service (WMS) เพื่อแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ผ่านโปรแกรมประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

(2) โครงสร้างฐานข้อมูล (Database Structure)

ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ (Geospatial Database) ถูกใช้ในการพัฒนาระบบ ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล 4 ด้าน ได้แก่ รายละเอียดโครงการ ชุมชน สิ่งแวดล้อม และข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์พื้นฐาน ถูกจัดเก็บอยู่ในรูปแบบ Geodatabase ซึ่งเป็นฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ กฟผ. ทั้งนี้ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถให้บริการผ่านเครือข่ายอินทราเน็ตภายในหน่วยงาน ซึ่งเป็นระบบพิกัด WGS 1984



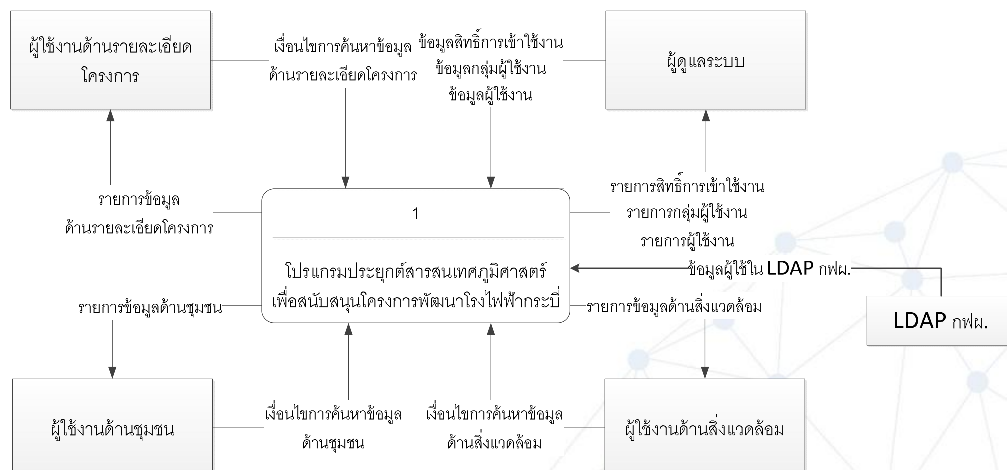
รูป 2 โครงสร้างระบบ

4. ผลการดำเนินงาน

โปรแกรมประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อสนับสนุนโครงการพัฒนาโรงไฟฟ้ากระบี่ ประกอบด้วยการทำงาน 2 ระบบ คือ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) และระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (Management Information System: MIS) ที่รองรับการค้นหาข้อมูลตามเงื่อนไขที่ได้กำหนด และแสดงข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์บนแผนที่ตามมาตราส่วนต่างๆ โดยสนับสนุนการทำงาน 4 ด้าน ได้แก่ ด้านการจัดการระบบ ด้านรายละเอียดโครงการ ด้านชุมชน และด้านสิ่งแวดล้อม

4.1 ด้านการจัดการระบบ

ระบบมีความปลอดภัยแบบ Enhanced Authentication ผ่าน Single Sign On โดยสนับสนุนมาตรฐาน Lightweight Directory Access Protocol (LDAP) หรือ Active Directory กล่าวคือ เมื่อล็อกอินเข้าใช้งานระบบจะตรวจสอบชื่อและรหัสผู้ใช้งานผ่าน LDAP Server ของ กฟผ. แล้วจึงตรวจสอบสิทธิ์การใช้งานระบบต่อไป นอกจากนี้ ยังมีระบบจัดการสิทธิ์การเข้าใช้งานฟังก์ชันในแต่ละด้าน ได้แก่ ชุมชน สิ่งแวดล้อม และรายละเอียดโครงการเพื่อให้สอดคล้องกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

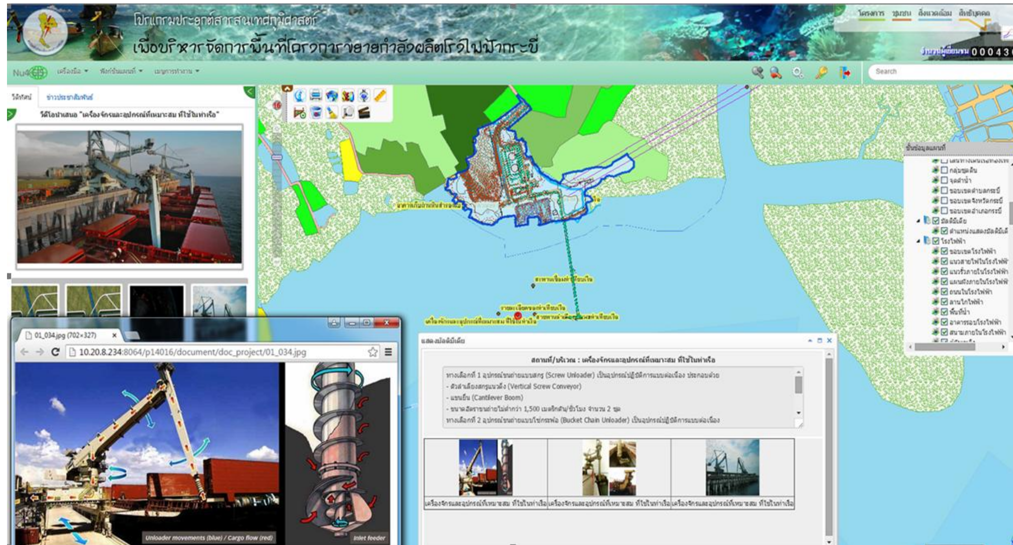


รูป 3 Context Diagram ภาพรวมของระบบ

4.2 ด้านรายละเอียดโครงการ

(1) การแสดงข้อมูลด้านรายละเอียดโครกงาร

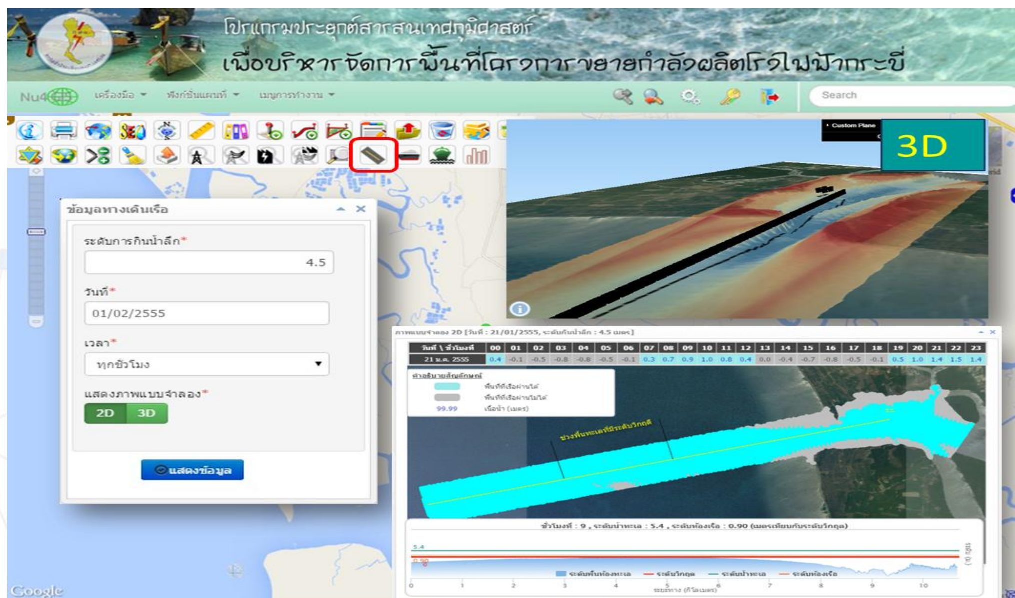
ฟังก์ชันนี้เป็นการแสดงข้อมูลด้านรายละเอียดโครงการในรูปแบบ Multimedia Map โดยสนับสนุนข้อมูลวิดีทัศน์ ข้อมูลภาพ ข้อมูลไฟล์เอกสาร เช่น ข่าวประชาสัมพันธ์ เป็นต้น ทั้งนี้ระบบสามารถค้นหาข้อมูลตามเงื่อนไขที่กำหนด



รูป 4 ฟังก์ชันการแสดงข้อมูลด้านรายละเอียดโครงการในรูปแบบ Multimedia Map

(2) การวิเคราะห์ข้อมูลความลึกของน้ำตามช่วงเวลา

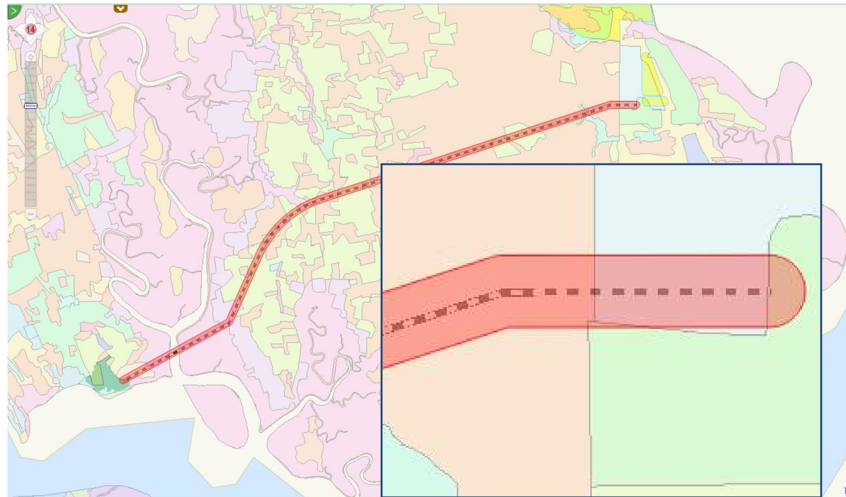
ฟังก์ชันนี้เป็นการคาดการณ์ความลึกของน้ำ เพื่อใช้ในการวางแผนการนำเรือเข้าท่าเทียบเรือ ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงของการขนส่งทางน้ำในกรณีที่น้ำมีระดับต่ำ และเป็นข้อมูลที่ใช้สื่อสารกับชุมชนรอบท่าเทียบเรือ ระบบสามารถแสดงผลภาพจำลองทางเดินเรือแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ



รูป 5 ฟังก์ชันการคาดการณ์ความลึกของน้ำ และแสดงผลภาพจำลองการเดินเรือแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ

(3) การวิเคราะห์หาพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ตามแนวสายพานขนส่งถ่านหิน

ฟังก์ชันนี้เป็นการค้นหาและคำนวณพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ตามแนวสายพานขนส่งถ่านหิน เพื่อประเมินปริมาณพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน และเป็นข้อมูลในการบริหารจัดการด้านพื้นที่ต่อไป ลักษณะการใช้งานโดยระบุระยะ Buffer จากแนวสายพาน (กำหนดค่าเริ่มต้นไว้ที่ 25 เมตร) จากนั้นระบบจะคำนวณพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท จากขอบเขต Buffer ที่ถูกกำหนด ดังรูปที่ 6

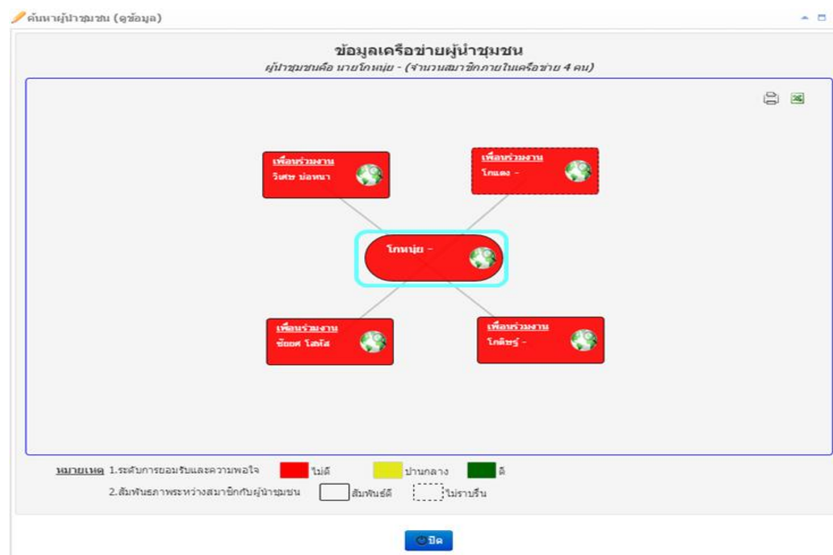


รูป 6 ฟังก์ชันการวิเคราะห์หาพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ตามแนวสายพานขนส่งถ่านหิน

4.3 ด้านชุมชน

(1) การค้นหาข้อมูลผู้นำชุมชนและเครือข่ายผู้นำชุมชน

ฟังก์ชันนี้เป็นการค้นหาและแสดงข้อมูลผู้นำชุมชนและเครือข่ายผู้นำชุมชน สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกัน พร้อมแสดงระดับการยอมรับที่มีต่อ กฟผ. ตามสีที่กำหนด เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเข้าถึงคนในชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังรูปที่ 7 และ 8 ตามลำดับ



รูป 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผู้นำชุมชนและเครือข่ายผู้นำชุมชน

รูป 8 แสดงข้อมูลรายละเอียดบุคคลของผู้นำชุมชนและเครือข่ายผู้นำชุมชน

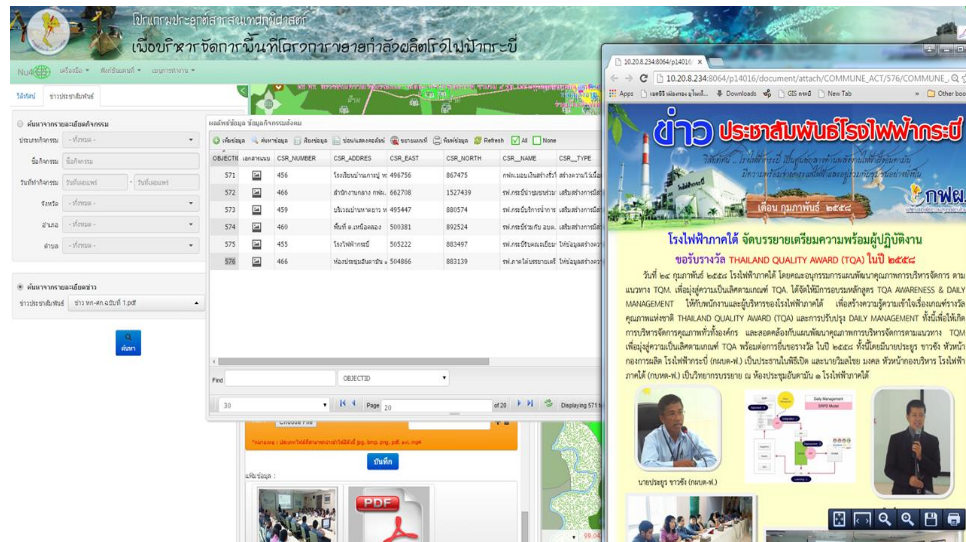
(2) การแสดงข้อมูลครัวเรือน และระดับการความเข้าใจที่มีต่อ กฟผ.

ฟังก์ชันแสดงผลข้อมูลครัวเรือน และระดับการเข้าใจที่มีต่อ กฟผ. ซึ่งแสดงข้อมูล ได้แก่ ชื่อหัวหน้าครัวเรือน ลักษณะที่อยู่อาศัย อาชีพหลัก และผลการสำรวจความเข้าใจที่มีต่อ กฟผ.

รูป 9 ข้อมูลครัวเรือนและระดับความเข้าใจที่มีต่อ กฟผ.

(3) การแสดงกิจกรรมที่ผู้บริหารและพนักงาน กฟผ. เคยทำร่วมกับชุมชน"

ฟังก์ชันแสดงรายละเอียดกิจกรรมที่ผู้บริหารและพนักงาน กฟผ. เคยทำกิจกรรมร่วมกับชุมชน ในเชิงตำแหน่ง ประกอบด้วย 3 ประเภทกิจกรรม ได้แก่ การสร้างความไว้เนื้อเชื่อใจ เสริมสร้างการมีส่วนร่วม และการให้ข้อมูลสร้างความมั่นใจ

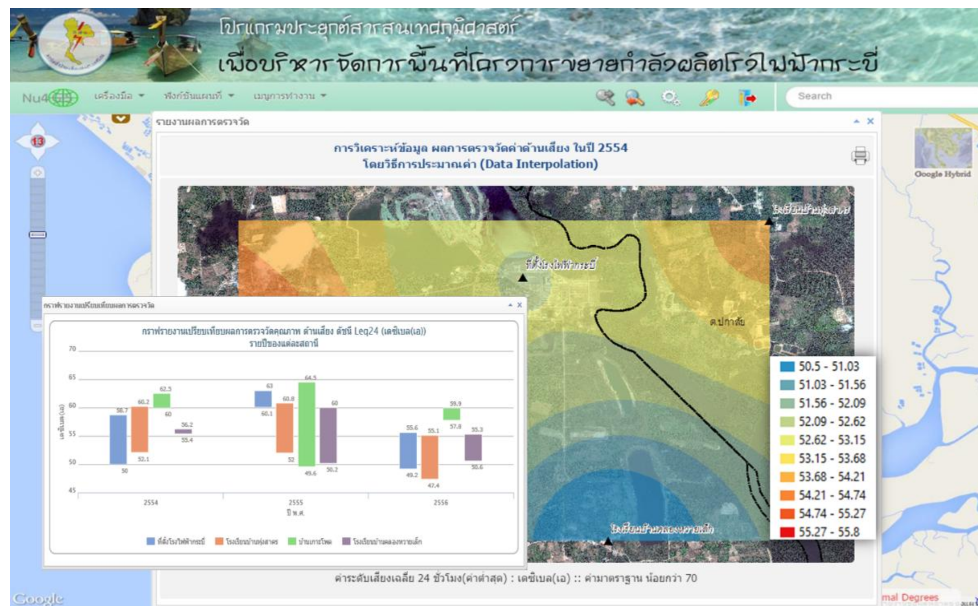


รูป 10 แสดงผลกิจกรรมที่ผู้บริหาร/พนักงาน กฟผ. เคยทำกิจกรรมร่วมกับชุมชน และข่าวประชาสัมพันธ์

4.4 ด้านสิ่งแวดล้อม

(1) การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพของน้ำ อากาศ และเสียง

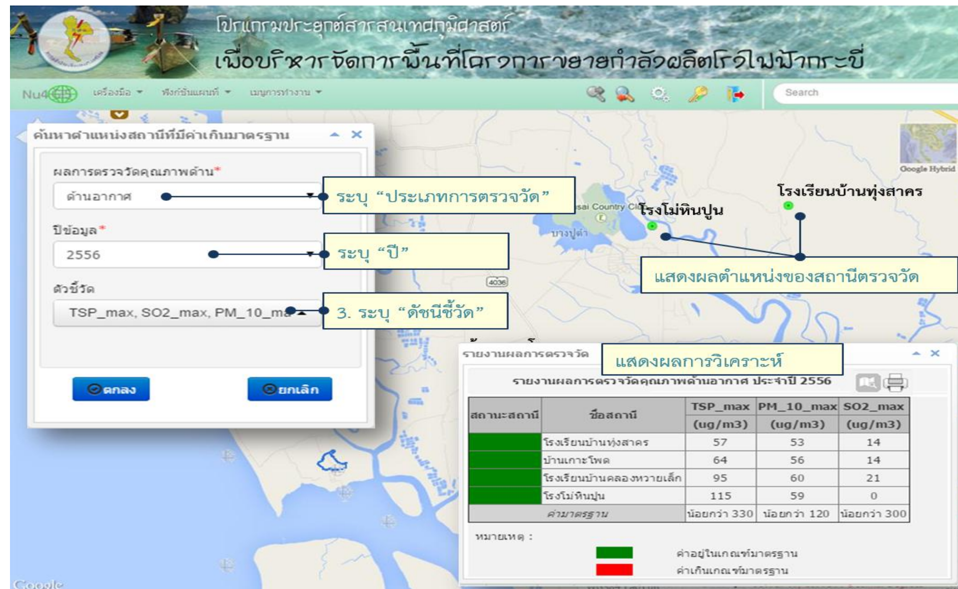
ฟังก์ชันนี้เป็นการประมาณค่าเชิงพื้นที่ (Interpolation) ของผลการตรวจวัดคุณภาพด้านสิ่งแวดล้อมของน้ำ อากาศ และเสียง โดยใช้วิธีของ Inverse Distance Weighted (IDW) ซึ่งแสดงผลการประมาณค่าเชิงพื้นที่ของดัชนีชี้วัดในแต่ละปี และสามารถดูแนวโน้มของการกระจายค่าในเชิงพื้นที่ พร้อมทั้งแสดงกราฟรายงานเปรียบเทียบผลการตรวจวัดคุณภาพ เพื่อใช้สนับสนุนการวิเคราะห์ของผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง



รูป 11 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตรวจวัดคุณภาพ และกราฟรายงานเปรียบเทียบผลการตรวจวัดคุณภาพ

(2) การค้นหาสถานีตรวจวัดคุณภาพที่ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

ฟังก์ชันนี้เป็นการค้นหาสถานีตรวจวัดที่ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งเป็นการค้นหาสถานีบนแผนที่ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ โดยสามารถเลือกดัชนีชี้วัดที่ต้องการเป็นเกณฑ์ได้ พร้อมกันนี้ยังสามารถแสดงรายงานผลการตรวจวัด ดังรูปที่ 12

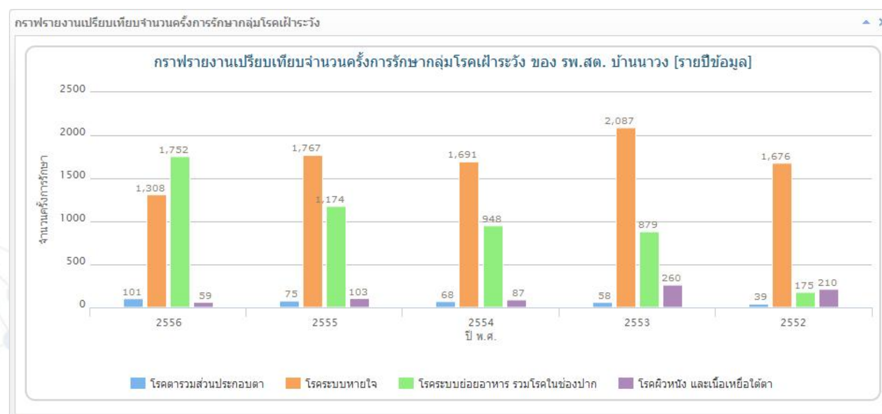


สถานะสถานี	ชื่อสถานี	TSP_max (ug/m3)	PM_10_max (ug/m3)	SO2_max (ug/m3)
	โรงเรียนบ้านทุ่งสาคร	57	53	14
	บ้านเกาะโพด	64	56	14
	โรงเรียนบ้านคลองหวายเล็ก	95	60	21
	โรงโม่หินปูน	115	59	0
ค่ามาตรฐาน		น้อยกว่า 330	น้อยกว่า 120	น้อยกว่า 300

รูป 12 ตัวอย่างการแสดงผลการตรวจวัดคุณภาพด้านอากาศ ประจำปี 2555

(3) การเปรียบเทียบจำนวนครั้งของการรักษาโรคเฝ้าระวัง

ฟังก์ชันนี้เป็นการแสดงตำแหน่งของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล (รพ.สต.) พร้อมแสดงจำนวนครั้งของการรักษาโรคเฝ้าระวังรวม 4 โรค ซึ่งเป็นโรคที่เกี่ยวข้องกับโครงการพัฒนาโรงไฟฟ้า ได้แก่ โรคตา โรคระบบหายใจ โรคระบบย่อยอาหาร และโรคผิวหนัง ทั้งนี้ยังสามารถแสดงกราฟเปรียบเทียบจำนวนครั้งการรักษาโรคเฝ้าระวัง โดยระบุเฉพาะ รพ.สต. หรือระบุปี ดังรูปที่ 13



(ก) แสดงเฉพาะโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลที่กำหนดของทุกปี



(ข) แสดงเฉพาะปีที่กำหนด ของทุกโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล

รูป 13 แสดงกราฟเปรียบเทียบจำนวนครั้งการรักษากลุ่มโรคเฝ้าระวังทั้ง 4 โรค

5. สรุปผล

โปรแกรมประยุกต์ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อสนับสนุนโครงการพัฒนาโรงไฟฟ้ากระบี่ในด้านต่างๆ ได้แก่ ด้านรายละเอียดโครงการ ด้านชุมชน และด้านสิ่งแวดล้อม ให้กับหน่วยงานภายในองค์กรที่เกี่ยวข้อง เพื่อสารมารถดำเนินงานโครงการให้ลุล่วงและมีประสิทธิภาพ โดยรวบรวมข้อมูลมาจัดเก็บให้อยู่ในรูปแบบฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และต่อมาได้พัฒนาเป็นโปรแกรมประยุกต์ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อใช้ในการแสดงผล วิเคราะห์ และคาดการณ์ โดยเผยแพร่ผ่านระบบเครือข่ายอินทราเน็ตภายในองค์กร ฟังก์ชันต่างๆ ได้ถูกพัฒนาให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้อง และครอบคลุมทั้ง 3 ด้าน เช่น *ด้านรายละเอียดโครงการ* สามารถแสดงแบบแผนผังและข้อมูลรายละเอียดด้านวิศวกรรม ข้อมูลคาดการณ์ความสูงน้ำที่เรือสามารถผ่านเข้าท่าเทียบเรือ *ด้านชุมชน* สามารถแสดงข้อมูลกิจกรรมที่ได้ทำร่วมกับชุมชน ข้อมูลผู้นำชุมชนและเครือข่าย พร้อมทั้งทัศนคติที่มีต่อโครงการพัฒนาโรงไฟฟ้า *ด้านสิ่งแวดล้อม* สามารถแสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศ น้ำ และเสียงในรูปแบบการประมาณการเชิงพื้นที่ เป็นต้น โปรแกรมประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อการพัฒนาโครงการโรงไฟฟ้ากระบี่ สามารถช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง ได้รับข้อมูลที่เป็นไปทางเดียวกัน ถูกต้อง และทันสมัย ซึ่งจะนำไปสู่การทำงานที่ราบรื่นภายในหน่วยงาน และสามารถสื่อสารข้อมูลดังกล่าวให้แก่บุคคลภายนอก ผู้ซึ่งมีส่วนได้ส่วนเสียกับการโครงการพัฒนาโรงไฟฟ้ากระบี่ได้อย่างน่าเชื่อถือ

กิตติกรรมประกาศ

โปรแกรมประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อสนับสนุนโครงการพัฒนาโรงไฟฟ้ากระบี่ ได้รับการสนับสนุนข้อมูลด้านรายละเอียดโครงการ ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านชุมชนจากหน่วยงานภายใน กฟผ. ได้แก่ อวน. อผร. อสค. อสอ. และ หก-ศก. รวมทั้งได้รับการสนันสนุนการพัฒนาระบบฐานข้อมูลและโปรแกรมประยุกต์สารสนเทศภูมิศาสตร์ จากกองแผนที่และสารสนเทศภูมิศาสตร์ (กผส-พฟ.) ฝ่ายสำรวจ (อสร.) กฟผ.

เอกสารอ้างอิง

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (2555). **เกี่ยวกับ กฟผ.**, Retrieved December 18, 2015, from: http://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=140&Itemid=178.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2557). **รายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) โรงไฟฟ้าและท่าเทียบเรือ ของโครงการพัฒนาโรงไฟฟ้ากระบี่**. นนทบุรี.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2557). **รายงานการออกแบบระบบ โครงการพันฒนาโปรแกรมประยุกต์สารสนเทศภูมิศาสตร์ โครงการพัฒนาโรงไฟฟ้ากระบี่**. นนทบุรี.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2557). **รายงานแผนการดำเนินงาน โครงการพันฒนาโปรแกรมประยุกต์สารสนเทศภูมิศาสตร์ โครงการพัฒนาโรงไฟฟ้ากระบี่**. นนทบุรี.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2557). **รายงานสรุปผลการประชุมรับฟังความคิดเห็นของประชาชนครั้งที่ 1 (ค.1) ของโรงไฟฟ้าและท่าเทียบเรือของโครงการพัฒนาโรงไฟฟ้ากระบี่**. นนทบุรี.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (2557). **โรงไฟฟ้าถ่านหินกระบี่.**, Retrieved December 18, 2015, from:http://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=880&catid=32&Itemid=230.

การประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศเพื่อประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดินตามนโยบายการใช้ที่ดินของรัฐ บริเวณพื้นที่ต้นน้ำลุ่มน้ำย่อยวังทอง จังหวัดเพชรบูรณ์-พิษณุโลก

Application of Geoinformatics to assess land use based on government policy of Headwater Source in Wangthong Sub-Watershed, Phetchabun-PhitsanulokProvince.

นันทพร อยู่สะอาด

Nanthaporn U-saard

ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม

โทรศัพท์ 043-754-369 ต่อ 4839 โทรสาร 043-754-369 e-mail: k.usaard@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณพื้นที่ต้นน้ำลุ่มน้ำย่อยวังทอง จังหวัดเพชรบูรณ์-พิษณุโลก ระหว่างปี พ.ศ. 2547 – 2557 และประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ไม่สอดคล้องกับสมรรถนะของชั้นคุณภาพลุ่มน้ำตามนโยบายการใช้ที่ดินของรัฐ โดยใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5TM และ Landsat 8OLI/TIRS เพื่อจำแนกรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธีการจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervise classification) วิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่กำหนดขึ้นตามมติคณะรัฐมนตรี จากการศึกษา พบว่า พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยวังทองมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2547-2557 ทั้งสิ้น 314.16 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 15.65 ของพื้นที่ทั้งหมด บริเวณที่เกิดการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดอยู่ทางทิศตะวันออกของลุ่มน้ำ โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ป่ามีขนาดพื้นที่ลดลงมากที่สุดถึง 108.03 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 34.39 ของพื้นที่การเปลี่ยนแปลงทั้งหมด ส่วนใหญ่เปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่าไม้เป็นไร่ข้าวโพด พื้นที่อื่นๆ และพืชไร่ ตามลำดับ สำหรับพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 1A ซึ่งคณะรัฐมนตรีมีมติให้เป็นพื้นที่อนุรักษ์ สงวนไว้เป็นต้นน้ำพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงโดยเปลี่ยนจากพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่สวนยางพารามากที่สุด จึงควรใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างเข้มข้นในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในลุ่มน้ำต่อไป

คำสำคัญ: การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน นโยบายการใช้ที่ดินของรัฐ ระบบภูมิสารสนเทศ

ABSTRACT

The objective of this research is to study changes of land use in WangThong Sub-Watershed, Phetchabun-Phitsanulok Province from years 2004 to 2014 and assess land use which conflict to Watershed Capability classification based on government policy. Landsat 5TM and Landsat 8OLI/TIRS imageries were chosen for the land use visualization with supervised classification process and analysis with watershed classification data based on government policy. The result from research reveals changes of land use in WangThong Sub-Watershed during 2004-2014 that the total changed area is 314.16 Sq.Km. (15.65%). The most proportion of changed area is forest land in east WangThong Sub-Watershed which was found 108.03 Sq.Km. or 34.39% of land decreased. The forest area in year 2004 was changed

to be corn, miscellaneous land and field crop area respectively. The WSC 1A area,which is a head water source conservation area based on government policy, was detected the most change of land use from forest land to rubber land. Thus, the WangThong Sub-Watershed area should be accepted to play a better role in the field of environment and natural resource management.
KEY WORDS: Land use change, Land government policy, Geo-informatics

1. บทนำ

การใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นกิจกรรมที่สะท้อนถึงพฤติกรรมของมนุษย์ ซึ่งมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์โดยตรง และส่งผลกระทบไปถึงสิ่งมีชีวิตอื่นๆ พื้นที่ลุ่มน้ำแต่ละแห่งมีคุณสมบัติของดินที่แตกต่างกันทั้งด้านเคมี ฟิสิกส์ และชีววิทยา ทำให้ดินแต่ละแห่งหรือแต่ละจุดมีสมรรถนะในการนำมาใช้ประโยชน์ที่ต่างกันไป ตามหลักการจัดการลุ่มน้ำแล้วจำเป็นจะต้องแบ่งชั้นประเภทที่ดินทั้งลุ่มน้ำตามสมรรถนะการใช้ประโยชน์ที่ดินก่อนอื่นใดทั้งสิ้น การแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินให้ถูกต้องแล้วใช้ประโยชน์ตามสมรรถนะนั้น ก็จะทำให้การจัดการลุ่มน้ำได้รับผลตอบแทนตามวัตถุประสงค์แน่นอน โดยหลักการทางการจัดการลุ่มน้ำในเชิงรูปธรรมที่เห็นชัดเจน คือ การวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินหรือการวางแผนการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (เกษม จันทร์แก้ว,2545) ที่ผ่านมาหน่วยงานภาครัฐได้ตระหนักถึงปัญหาการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เกิดขึ้นมาและได้พยายามหามาตรการแนวทางการบริหารจัดการที่ดินให้เหมาะสมอย่างต่อต่อเนื่อง อาทิมติคณะรัฐมนตรี เรื่อง การกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ แนวนโยบายพื้นฐานของรัฐ ด้านที่ดิน ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นต้น อันเป็นเครื่องมือสำคัญในการบริหารจัดการทรัพยากรและการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตลุ่มน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ต้นน้ำลำธาร (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2548) แต่อย่างไรก็ดี ปัจจุบันกลับพบว่าปัญหาการใช้ประโยชน์ที่ดินทวีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะปัญหาการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ (Deforestation) โดยเฉพาะพื้นที่ป่าต้นน้ำข้อมูลจากกรมป่าไม้ (2545) พบว่าเดิมพื้นที่ป่าของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2504 มีจำนวน 171 ล้านไร่ แต่ในปี พ.ศ. 2541 พื้นที่ป่าลดลงเหลือเพียง 81 ล้านไร่ สาเหตุส่วนหนึ่งมาจากพื้นที่ทางการเกษตรที่เหมาะสมในพื้นที่ราบมีจำกัด ตรงกันข้ามกับอัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรที่นับวันจะมากขึ้น ความต้องการกรรมสิทธิ์ในที่ดินทำกิน และการผลิตการเกษตรเพื่อการค้าและการพัฒนาเทคโนโลยีทางการเกษตร เป็นเหตุให้มีการบุกรุกพื้นที่ป่าต้นน้ำและขยายพื้นที่การเกษตรโดยไม่มีการควบคุม ส่งผลต่อความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินและที่ดินอย่างรวดเร็ว(Kurucu, Y. and Chiristina, N.K., 2007) ที่เห็นได้ชัด คือ การสูญเสียหน้าดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ เกิดการชะล้างพังทลายของหน้าดิน การปนเปื้อนของสารพิษในดินและแหล่งน้ำ เป็นต้น ประกอบกับมีการบุกรุกเข้าไปทำการเกษตรบนพื้นที่สูง (Mountainous area) ของประเทศ ซึ่งพื้นที่สูงดังกล่าวมีเนื้อที่ประมาณ 96.1 ล้านไร่ ประกอบด้วยพื้นที่สูงในภาคเหนือ 54 ล้านไร่ ภาคใต้ 14.6 ล้านไร่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 12.1 ล้านไร่ ภาคกลาง 12 ล้านไร่ และภาคตะวันออก 3.4 ล้านไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2542) อันสะท้อนให้เห็นถึงปัญหาการใช้ประโยชน์ที่ดินของประชาชนที่ไม่สอดคล้องกับนโยบายของรัฐ

ลุ่มน้ำย่อยวังทอง เป็นลุ่มน้ำขนาดกลาง ขนาดพื้นที่ประมาณ 2,008 ตร.กม. มีอาณาเขตครอบคลุมพื้นที่ 2 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเพชรบูรณ์ และจังหวัดพิษณุโลก เป็นกรณีศึกษา เนื่องจากเป็นพื้นที่หนึ่งที่ประสบปัญหาการใช้ที่ดินที่ไม่เหมาะสมกับสมรรถนะของที่ดิน และแนวนโยบายของรัฐ อาทิ การตัดไม้ทำลายป่า การบุกรุกพื้นที่ต้นน้ำ บุกรุกป่าสงวนแห่งชาติลุ่มน้ำวังทองฝั่งขวาบริเวณยอดเขาคลองห้วยไคร้ (เขาเรดาร์) เพื่อทำการเกษตร โดยเฉพาะการปลูกพืชไร่ ยางพารา ปาล์มน้ำมัน และอีกส่วนหนึ่งเพื่อการสร้างที่อยู่อาศัย รีสอร์ท สถานที่พักผ่อนหย่อนใจต่างๆ (สำนักจัดการทรัพยากรป่าไม้ที่ 4, 2558) มีการใช้ทรัพยากรเกินศักยภาพส่งผลให้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ลุ่มน้ำเสื่อมโทรมลง การศึกษาครั้งนี้ ได้ประยุกต์นำเอาองค์ความรู้ด้านภูมิสารสนเทศมาใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยวังทองโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดระดับกลาง ช่วงปี พ.ศ. 2547-2557 ร่วมกับข้อมูลชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่กำหนดขึ้นตามมติคณะรัฐมนตรีเพื่อประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดินตามนโยบายการใช้ที่ดินของรัฐที่เกิดขึ้นในพื้นที่ว่ามีความสอดคล้องกันหรือไม่และสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ด้านการวางแผนบริหารจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนต่อไป

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณพื้นที่ต้นน้ำลุ่มน้ำย่อยวังทอง จังหวัดเพชรบูรณ์-พิษณุโลก ระหว่างปี พ.ศ. 2547 - 2557

2. เพื่อประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดินตามนโยบายการใช้ที่ดินของรัฐ บริเวณพื้นที่ต้นน้ำลุ่มน้ำย่อยวังทอง จังหวัดเพชรบูรณ์-พิษณุโลก

3. วิธีการวิจัย

3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

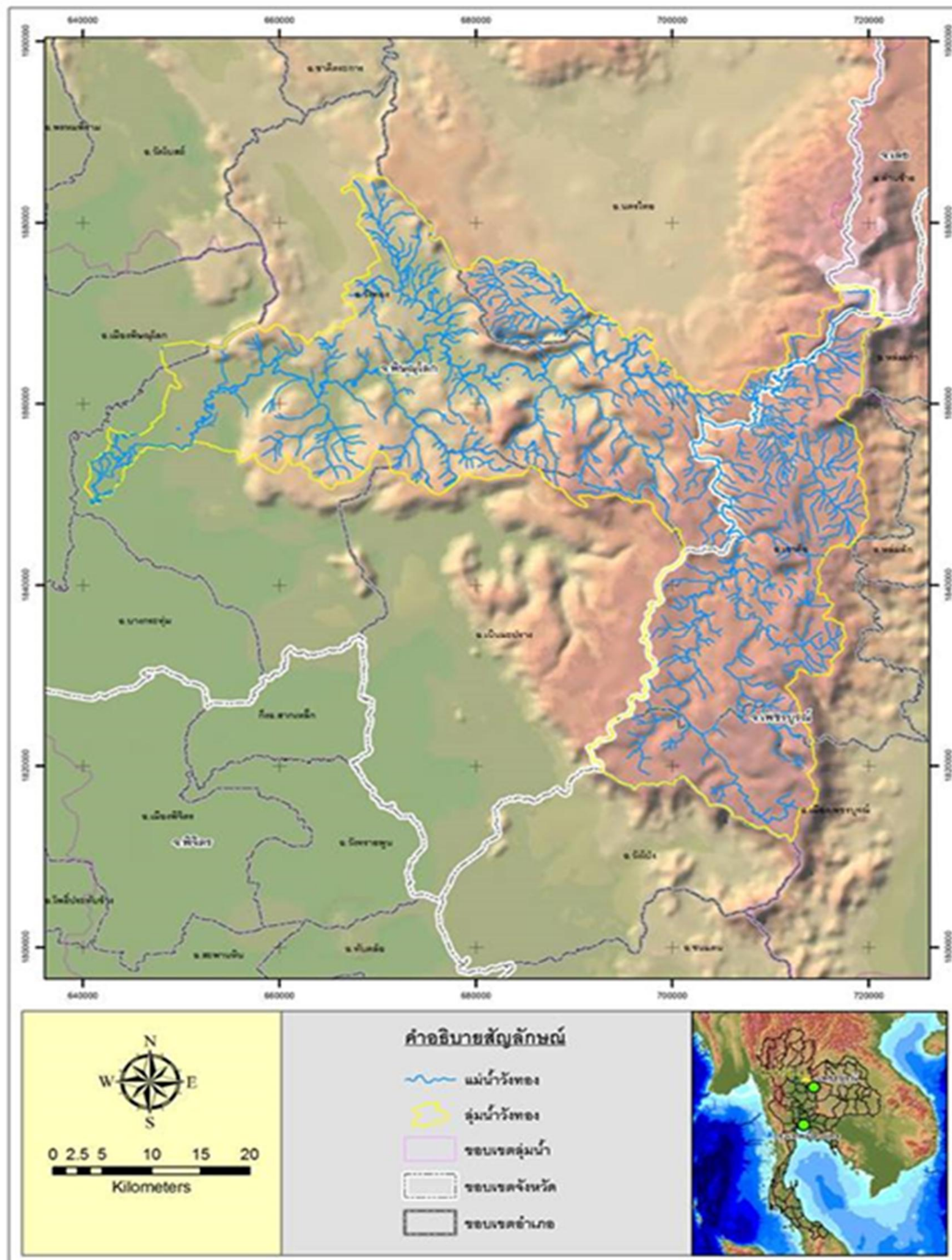
การศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 ระบบ TMและ Landsat 8 ระบบ OLI/TIRS ทำการวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data)โดยแสดงรายละเอียดข้อมูลที่นำเข้าในการศึกษา ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ชั้นข้อมูล	ปี	ลักษณะข้อมูล	แหล่งข้อมูล
แผนที่ภูมิประเทศ L7018	2547	Raster	1:50,000 กรมแผนที่ทหาร
แบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM)		Grid	จากการวิเคราะห์
ภาพแสงเงาภูมิประเทศ (Hillshade)		Grid	จากการวิเคราะห์
โครงข่ายลำน้ำและขอบเขตลุ่มน้ำ	2547	Line	1:50,000 สำนักงานคณะกรรมการทรัพยากรน้ำแห่งชาติ
ข้อมูลถนน	2548	Line	1:50,000 กรมพัฒนาที่ดิน
ข้อมูลชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ	2553		1:50,000 สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5TM Satellite Image: Path 129 Row 48 Path 129 Row 49 Path 130 Row 48 Band 5:4:3 (R:G:B) resolution 25	2547-03-26	Image File	สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)
ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 OLI/TIRS Satellite Image: Path 129 Row 48 Path 129 Row 49 Path 130 Row 48 Band 6:5:4 (R:G:B) resolution 25	2557-03-06	Image File	สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)
แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน	2543 2555	Polygon	1:50,000 กรมพัฒนาที่ดิน
ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน	2547 2557	Polygon and Grid	จากการวิเคราะห์และตรวจสอบพื้นที่ศึกษา

3.2 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา คือ บริเวณพื้นที่ต้นน้ำลุ่มน้ำย่อยวังทอง ครอบคลุมพื้นที่ 2 จังหวัด ได้แก่ อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ และอำเภอ อำเภอวังทอง อำเภอนครไทย อำเภอเนินมะปราง จังหวัดพิษณุโลก ขนาดพื้นที่ประมาณ 2,008.04 ตารางกิโลเมตร ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.3.1 แปลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อจำแนกการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2547 และ พ.ศ. 2557

1) แปลความรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5ที่ทำการบันทึกในปี พ.ศ. 2547และภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8OLI/TIRS ที่ทำการบันทึกในปี พ.ศ. 2557ด้วยสายตาผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยอาศัยองค์ประกอบต่างๆ ที่ปรากฏอยู่ภายในภาพ ประกอบด้วย ขนาด รูปร่าง เงา วรรณะสี สี ลายผิว แบบรูป และที่ตั้งตำแหน่งที่ตั้งและการเชื่อมโยงแปลความหมายรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธีการจำแนกแบบไม่กำกับดูแล (Unsupervised classification) ด้วยวิธี ISODATA ก่อนลงพื้นที่สำรวจภาคสนาม และจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervised classification)

2) ตรวจสอบความถูกต้องของการแปลความข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม โดยตรวจสอบการปะปนกันระหว่างประเภทข้อมูลที่ได้จากการแปลตีความจากตารางการปะปนระหว่างประเภทข้อมูล (Confusion matrix) โดยสุ่มตัวอย่างผลการแปลตีความเปรียบเทียบกับแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2543 และ พ.ศ. 2555 ซึ่งใกล้เคียงกับปีที่บันทึกข้อมูลภาพดาวเทียม จากนั้น เลือกจุดตรวจสอบ (Training site) เพื่อนำมาเปรียบเทียบว่าบริเวณที่ถูกจำแนกเป็นข้อมูลแต่ละประเภทมีความถูกต้องตรงกับสภาพความเป็นจริงอย่างไร แล้วนำผลที่ได้มาใส่ในตาราง confusion Matrix เพื่อหาค่าความผิดพลาดของข้อมูลที่เกิดจากการจำแนกขาดหายไป พร้อมทั้ง ทำการตรวจสอบค่าความถูกต้อง(Accuracy Assessment) ของข้อมูลที่ได้จากการจำแนกประเภทข้อมูลดาวเทียมเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม ร่วมกับข้อมูลเชิงอรรถาธิบายจากประชาชนในพื้นที่ เพื่อใช้เป็นฐานในการอ้างอิงตรวจสอบค่าความถูกต้องของการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมด้วยตารางคำนวณค่าความผิดพลาด(Error Matrix) ซึ่งเกณฑ์การตรวจสอบค่าความถูกต้องของข้อมูลการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียม แบ่งค่าความถูกต้องไว้ 3 ระดับ คือ ค่าความถูกต้องรวมมากกว่าร้อยละ 80 การจำแนกภาพถ่ายดาวเทียมมีความถูกต้องระดับสูง ค่าความถูกต้องรวมอยู่ระหว่างร้อยละ 40-80 การจำแนกภาพถ่ายดาวเทียมมีความถูกต้องระดับพอใช้ และค่าความถูกต้องรวมน้อยกว่าร้อยละ 40 การจำแนกภาพถ่ายดาวเทียมมีความถูกต้องระดับต่ำ (Wen,Y*et al*, 2011)โดยการคำนวณค่าความถูกต้องทั้งหมด (Overall Accuracy) ของการจำแนกประเภทข้อมูล ค่าความถูกต้องของข้อมูลที่ทำการจำแนกขาดหายไป (Producer's Accuracy) ค่าความถูกต้องของข้อมูลที่ทำการจำแนกเกินมา (User's Accuracy) และ Kappa (Khat) (Congalton and Green,1999) แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การตรวจสอบค่าความถูกต้องโดยใช้ตารางคำนวณค่าความผิดพลาด

Classified Data	Reference Data				
	1	2	3	k	Row Data
1	n_{11}	n_{12}	n_{13}	n_{ik}	n_{1+}
2	n_{21}	n_{22}	n_{23}	n_{2k}	n_{2+}
3	n_{31}	n_{32}	n_{33}	n_{3k}	$n3_{+}$
K	n_{k1}	n_{k2}	n_{k3}	n_{kk}	n_{k+}
Colum Total	n_{+1}	n_{+2}	n_{+3}	n_{+k}	n

$$\text{Overall Accuracy} = \frac{\sum_{i=1}^{k} n_{ii}}{n}$$

$$\text{Producer's Accuracy} = \frac{n_{jj}}{n_{+j}}$$

$$\text{User' Accuracy} = \frac{n_{jj}}{n_{i+}}$$

Overall Kappa: = $\frac{n\sum_{i=1}^{k} n_{ii} - \sum_{i=1}^{k} n_i n_i}{n^2 - \sum_{i=1}^{k} n_i n_i}$

เมื่อ

i คือ แถว (Row) และj คือแนวตั้ง (Column)

n_{ii}และn_{jj} คือแถวที่i แนวตั้งที่i หรือแถวที่j บรรทัดที่j

n_{i+} คือผลรวมของแถวที่i

n คือ ผลรวมของแถวที่n_{+j}

3) นำข้อมูลพื้นที่รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้มาจัดสร้างเป็นฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์โดยใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และแสดงข้อมูลรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละช่วงเวลา

3.3.2 วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงระยะ 10 ปี

ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2547 - 2557ด้วยเทคนิคการซ้อนทับ (Overlay Analysis) เพื่อให้ทราบความเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบ From-To สามารถอธิบายลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินว่าเปลี่ยนแปลงไปเป็นแบบใด เพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างไรโดยแสดงผลในรูปแบบตารางเมตริกซ์การเปลี่ยนแปลงของทั้งสองช่วงเวลา (Change detection Matrix)

3.3.3 ประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดินตามนโยบายการใช้ที่ดินของรัฐ

ดำเนินการวิเคราะห์ความสอดคล้องการใช้ประโยชน์ที่ดินตามสมรรถนะของชั้นคุณภาพลุ่มน้ำโดยนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2557 ที่ได้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมมาเปรียบเทียบกับข้อมูลการจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ (Watershed classification: WSC) ที่กำหนดขึ้นตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อปี พ.ศ 2528 ด้วยเทคนิคการซ้อนทับ (Overlay Analysis) เพื่อประเมินว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยวังทองโดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ต้นน้ำเป็นไปตามมติคณะรัฐมนตรี เรื่อง กำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำของประเทศไทย และนโยบายการใช้ที่ดินของรัฐ หรือไม่อย่างไร

4. ผลการวิจัย

4.1 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณพื้นที่ต้นน้ำลุ่มน้ำย่อยวังทอง จังหวัดเพชรบูรณ์-พิษณุโลกช่วง 10 ปี (ระหว่างปี พ.ศ. 2547 – 2557)

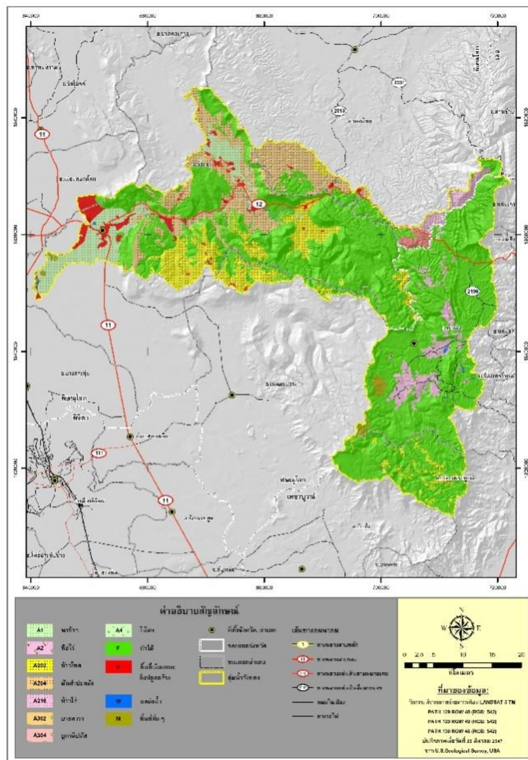
การจำแนกรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยวังทอง โดยการแปลความข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM ปี พ.ศ. 2547 และ Landsat 8 OLI/TIRS ปี พ.ศ. 2557 ขนาดจุดภาพ 25X25เพื่อจำแนกรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งสองช่วงเวลา แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยวังทอง ระหว่างปี พ.ศ. 2547-2557

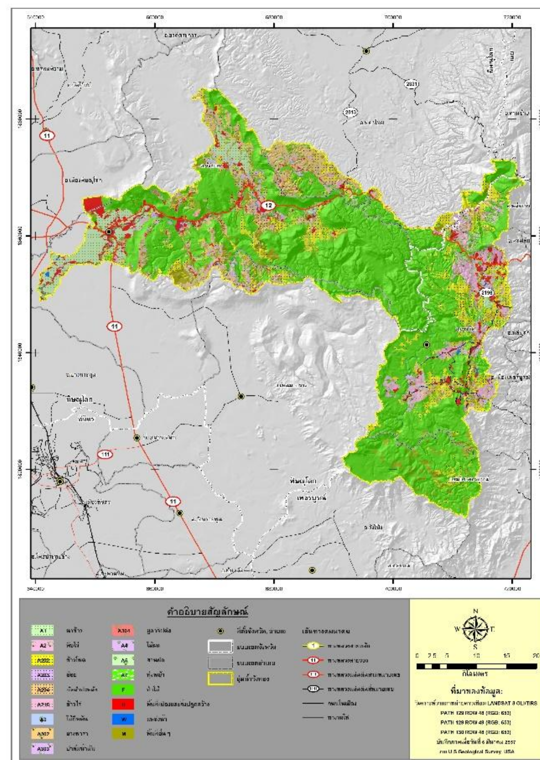
รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน	**ขนาดพื้นที่ (ตร.กม.)**			
	ปี พ.ศ. 2547	**ปี พ.ศ. 2557**	**พื้นที่การเปลี่ยนแปลง**	**ร้อยละของการเปลี่ยนแปลง**
พื้นที่ป่าไม้	1,318.27	1,210.31	-107.97	34.38
พื้นที่เกษตรกรรม	624.48	575.39	-49.09	15.62
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	45.57	81.27	35.70	
พื้นที่แหล่งน้ำ	4.38	10.12	5.74	1.83
พื้นที่อื่นๆ	15.35	130.96	115.60	36.80
รวม	**2,008.04**	**2,008.04**	**314.16**	**100**
ค่าความถูกต้องทั้งหมด (Overall Accuracy)	78.6	75.1		
ค่าสัมประสิทธิ์ Kappa	80.4	77.7		

จากตารางที่ 3 รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2547 พบว่า พื้นที่ป่าไม้มีขนาดพื้นที่มากที่สุด คือ 1,318.27ตร.กม. รองลงมา คือ พื้นที่เกษตรกรรม 624.48ตร.กม. พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง 45.57ตร.กม. พื้นที่อื่นๆ 15.35 ตร.กม. และพื้นที่แหล่งน้ำ 4.38ตร.กม. ตามลำดับ (ภาพที่ 2ก) และรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2557 พบว่า พื้นที่ป่าไม้มีขนาดพื้นที่มากที่สุด คือ 1,210.31ตร.กม. รองลงมา คือ พื้นที่เกษตรกรรม 575.39ตร.กม. พื้นที่อื่นๆ 130.96ตร.กม. พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง 81.27ตร.กม. และพื้นที่แหล่งน้ำ 10.12ตร.กม. ตามลำดับ (ภาพที่ 2ข)

สำหรับลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วง 10 ปี (ระหว่างปี พ.ศ. 2547-2557) มีการเปลี่ยนแปลงทั้งสิ้น 115.60 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 15.65 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ที่มีขนาดลดมากที่สุด คือ พื้นที่ป่าไม้ โดยพื้นที่ลดลง 107.97ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 34.38 ของพื้นที่การเปลี่ยนแปลงทั้งหมด ซึ่งบริเวณที่เกิดการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดอยู่ทางทิศตะวันออกของลุ่มน้ำ รองลงมา คือ พื้นที่เกษตรกรรม โดยมีพื้นที่ลดลง 49.09ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 15.62 ของพื้นที่การเปลี่ยนแปลงทั้งหมด และพื้นที่ที่มีขนาดเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ พื้นที่อื่นๆ โดยพื้นที่เพิ่มขึ้น 115.60ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 36.80 ของพื้นที่การเปลี่ยนแปลงทั้งหมดรองลงมา คือ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง โดยมีพื้นที่เพิ่มขึ้น 35.70ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 11.37 ของพื้นที่การเปลี่ยนแปลงทั้งหมด และพื้นที่แหล่งน้ำ โดยมีพื้นที่เพิ่มขึ้น 5.74ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 1.83 ของพื้นที่การเปลี่ยนแปลงทั้งหมด



ก



ข.

ภาพที่ 2 การใช้ประโยชน์ที่ดิน ก) ปี พ.ศ. 2547และ ข) ปี พ.ศ. 2557

เมื่อวิเคราะห์ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยวังทอง พบว่า จากเดิมพื้นที่ป่าไม้ในปี พ.ศ. 2547 มีขนาดพื้นที่ 1,318.19 ตร.กม. จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2557 ขนาดพื้นที่ป่าลดลงเหลือเพียง 1,057.38 ตร.กม ส่วนใหญ่เปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่าไม้เป็นไร่ข้าวโพดมากที่สุด 86.65 ตร.กม รองลงมา ได้แก่ พื้นที่อื่นๆ 46.01 ตร.กมพืชไร่ 44.07 ตร.กม และพื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง 22.61 ตร.กม ตามลำดับ ดังตารางที่ 4และ ภาพที่ 3สาเหตุที่เกษตรกรในพื้นที่นิยมทำ

เกษตรที่สูงประเภทไร่ข้าวโพด ส่วนหนึ่งมาจากที่ข้าวโพดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศ ความต้องการข้าวโพดโดยเฉพาะข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี อันเป็นผลจากการขยายตัวของอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์เพื่อใช้ในการบริโภคทั้งภายในประเทศและส่งออกต่างประเทศ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) ส่งผลให้เกษตรกรบางส่วนได้ขยายพื้นที่ทางการเกษตรเข้าไปในพื้นที่ป่าเพื่อทำไร่ข้าวโพด โดยเฉพาะบริเวณที่สูงที่เป็นพื้นที่ป่าต้นน้ำโดยไม่มีการควบคุมการใช้พื้นที่ ซึ่งนับเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ไม่สอดคล้องกับสมรรถนะของดิน ส่งผลต่อความเสื่อมโทรมของทรัพยากรต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นดิน น้ำป่าไม้ ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพรวมไปถึงส่งผลกระทบต่อมนุษย์ผู้ต้องอาศัยทรัพยากรต่างๆ เพื่อใช้ในการดำรงชีวิต (คธาวุฒิ ไวยสุศรี, 2554)

ตารางที่4 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยวังทองในช่วง 10 ปี(ระหว่างปี พ.ศ. 2547-2557)

การเปลี่ยนแปลง (พื้นที่: ตร.กม.)		การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2557																	
		นาข้าว	พืชไร่	ข้าวโพด	อ้อย	มันสำปะหลัง	ข้าวไร่	ไม้ยืนต้น	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยูคาลิปตัส	ไม้ผล	สวนผัก	ทุ่งหญ้า	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่อื่นๆ	พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง	แหล่งน้ำ	รวม
การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2547	**นาข้าว**	70.86	0.00	2.74	0.00	0.72	0.00	0.01	0.29	0.04	0.16	3.55	0.22	0.13	2.29	5.66	11.34	1.28	99.28
	พืชไร่	0.04	18.42	21.78	0.00	0.08	1.58	0.19	0.13	0.00	0.05	2.46	1.17	0.00	11.29	3.68	3.42	0.45	64.73
	ข้าวโพด	0.19	0.74	36.22	0.00	8.85	0.24	0.19	15.82	0.00	1.41	15.65	0.04	0.98	57.20	36.64	3.12	0.39	177.68
	มันสำปะหลัง	3.64	3.20	21.30	0.11	34.74	0.30	0.23	43.14	0.03	3.81	25.20	0.24	0.21	49.34	32.04	10.93	1.36	229.80
	ข้าวไร่	0.00	3.32	11.64	0.00	0.00	0.13	0.00	0.09	0.00	0.01	0.03	0.05	0.00	9.85	2.01	0.04	0.00	27.17
	ยางพารา	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ยูคาลิปตัส	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.46	0.00	0.01	0.00	12.50
	ไม้ผล	0.53	0.28	0.47	0.00	0.68	0.03	0.03	0.50	0.00	0.19	4.08	0.01	0.00	1.20	1.22	3.87	0.22	13.30
	พื้นที่ป่าไม้	2.94	44.04	86.69	0.01	5.01	22.43	0.22	8.21	0.00	1.73	14.68	2.99	0.12	1057.38	45.99	22.61	3.26	1318.27
	พื้นที่อื่นๆ	2.03	5.29	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	4.38	0.13	0.87	0.68	15.35
	พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง	7.58	0.00	0.90	0.00	0.40	0.07	0.00	0.54	0.00	0.31	2.35	0.11	0.32	3.93	3.32	24.52	1.20	45.55
	แหล่งน้ำ	0.59	0.11	0.20	0.00	0.09	0.02	0.00	0.06	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.88	0.24	0.56	1.24	4.41
	รวม	88.40	75.41	183.86	0.06	50.56	24.80	0.87	68.78	0.07	7.67	68.34	4.82	1.77	1210.31	130.93	81.31	10.08	2008.04

ภาพที่ 3การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในช่วง 10 ปี (ระหว่างปี พ.ศ. 2547-2557)

4.2 การประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดินตามนโยบายการใช้ที่ดินของรัฐ บริเวณพื้นที่ต้นน้ำลุ่มน้ำย่อยวังทอง จังหวัดเพชรบูรณ์-พิษณุโลก

จากการนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2557ที่ได้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมมาทำการวิเคราะห์ร่วมกับ ข้อมูลการจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ (Watershed classification: WSC) ด้วยเทคนิคการซ้อนทับ (Overlay Analysis) เพื่อประเมินความสอดคล้องการใช้ประโยชน์ที่ดินตามสมรรถนะของชั้นคุณภาพลุ่มน้ำพบว่า บริเวณลุ่มน้ำย่อยวังทองอยู่ในพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ 1A ขนาดพื้นที่ 211.38 ตร.กม. ซึ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ 1A ดังกล่าวจำเป็นจะต้องสงวนรักษาไว้เป็นพื้นที่ต้นน้ำลำธารและเป็นทรัพยากรป่าไม้ของประเทศมีมาตรการการใช้ที่ดิน คือ ห้ามเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้เป็นรูปแบบอื่นอย่างเด็ดขาดแต่ผลการศึกษาประกอบกับข้อมูลจากการลงพื้นที่สำรวจภาคสนาม พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ยังคงสภาพเป็นป่าต้นน้ำ แต่ยังพบว่ามีพื้นที่ป่าต้นน้ำส่วนหนึ่งถูกเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นประเภทอื่น โดยเปลี่ยนจากพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่สวนยางพารามากที่สุด ขนาดพื้นที่ 9.93 ตร.กม. รองลงมา คือ ไร่มันสำปะหลัง ไร่ข้าวโพด พื้นที่อื่นๆ และพื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง ตามลำดับ ดังตารางที่ 5โดยพื้นที่ที่พบการเปลี่ยนแปลงส่วนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันออกของลุ่มน้ำในเขตอำเภอเขาค้อ อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ และทางทิศเหนือและทิศใต้ของอำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก ดังภาพที่ 4

ตารางที่ 5 รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ 1Aบริเวณลุ่มน้ำย่อยวังทอง ระหว่างปี พ.ศ. 2547-2557

การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ 1A	**ขนาดพื้นที่ (ตร.กม.)**	**ร้อยละของพื้นที่**
พื้นที่ป่าไม้	178.34	90.35
พืชไร่	0.14	0.07
ข้าวโพด	2.70	1.37
มันสำปะหลัง	3.60	1.82
ข้าวไร่	0.11	0.05
ยางพารา	9.93	5.03
ยูคาลิปตัส	0.12	0.06
ไม้ผล	0.16	0.08
พื้นที่อื่นๆ	1.75	0.89
พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง	0.28	0.14
แหล่งน้ำ	0.24	0.12
รวม	**197.38**	**100.00**

ภาพที่ 4 การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในเขตพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ 1A ในช่วง 10 ปี (ระหว่างปี พ.ศ. 2547-2557)

สำหรับสาเหตุที่พื้นที่ป่าลดลงเปลี่ยนแปลงเป็นสวนยางพารา เนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวมีการสนับสนุนให้ปลูกยางพาราซึ่งกำลังเป็นที่ต้องการของตลาดโลก ยางพาราจึงมีราคาสูง ประกอบกับรัฐส่งเสริมให้มีการขยายพื้นที่ปลูกยางพารา ในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อแก้ปัญหาความยากจน และเพื่อให้มีผลผลิตยางสอดคล้องกับความต้องการยางของโลกส่งผลให้มีการบุกรุกแผ้วถางพื้นที่ป่าเพื่อทำสวนยางพารามากขึ้น (นันทพร อยู่สะอาด, 2556) สำหรับพื้นที่ป่าส่วนหนึ่งเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่พืชไร่ เนื่องจาก พื้นที่สูงดังกล่าวเป็นที่อยู่อาศัยของชาวเขาเผ่าม้ง เป็นชุมชนขนาดใหญ่ วิถีชีวิตวัฒนธรรมส่วนใหญ่เป็นเกษตรที่สูง มีการทำการเกษตรแบบเข้ม (Intensive Agriculture) มากขึ้นโดยนิยมปลูกพืชไร่ เช่น มันสำปะหลัง ข้าวโพด ข้าวไร่ ทั้งเพื่อบริโภคในครอบครัวและการค้าขายเพื่อสร้างรายได้ในท้องถิ่น แต่เนื่องจากชาวบ้านในชุมชนดังกล่าวขาดความรู้ความเข้าใจด้านมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ จึงมีการขยายพื้นที่เกษตรกรรมเข้าไปในพื้นที่ป่าไม้ และการเปลี่ยนแปลงอีกส่วนหนึ่ง คือ การขยายตัวของพื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง โดยเฉพาะบริเวณอำเภอเขาค้อ และภูทับเบิกซึ่งเป็นพื้นที่ต้นน้ำ ผู้ประกอบการมีการก่อสร้างรีสอร์ท รวมไปถึงสถานที่พักผ่อนหย่อนใจเพิ่มขึ้นจากอดีตเป็นจำนวนมาก เพื่อรองรับนักท่องเที่ยวที่มีแนวโน้มมากขึ้นทุกปี

จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบันนับว่ายังไม่สอดคล้องกับนโยบายการใช้ที่ดินของรัฐ ด้านมาตรการการใช้ประโยชน์ที่ดินตามสมรรถนะของชั้นคุณภาพลุ่มน้ำเท่าที่ควร ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยวังทองอย่างรวดเร็วได้ ดังนั้น ในอนาคตจึงจำเป็นต้องมีการเฝ้าระวังไม่ให้เกิดการบุกรุกพื้นที่ต้นน้ำมากขึ้นควรใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างเข้มข้นเพื่อป้องกันและฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติที่สูญเสียไป ประกอบกับดำเนินการจัดการเชิงพื้นที่ในระดับที่เข้มขึ้น อาทิ การจัดทำแนวเขตการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Zoning) ให้ชัดเจน จำกัดเขตพื้นที่เพาะปลูกให้อยู่ในบริเวณที่เหมาะสมกับสมรรถนะของดิน เป็นต้น พร้อมทั้งให้ความรู้ความเข้าใจเน้นการจัดการลุ่มน้ำโดยชุมชนเพื่อชุมชน มีการตั้งกฎกติกาการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรในพื้นที่ลุ่มน้ำ ทั้งนี้จะต้องให้สอดคล้องกับความต้องการและเหมาะสมในแต่ละพื้นที่ รวมถึงให้ความรู้และสร้างจิตสำนึกให้ประชาชนในพื้นที่ให้ตระหนักถึงความสำคัญและเข้ามามีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เพื่อควบคุมการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เป็นไปในทิศทางที่เหมาะสม และเป็นแนวทางบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่ลุ่มน้ำอย่างยั่งยืนต่อไป

5. วิจารณ์ผลและสรุปผล

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่ต้นน้ำลุ่มน้ำย่อยวังทอง จังหวัดเพชรบูรณ์-พิษณุโลก ในช่วง 10 ปี (ระหว่างปี พ.ศ. 2547-2557) พบว่า บริเวณที่เกิดการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดอยู่ทางทิศตะวันออกของลุ่มน้ำซึ่งเป็นเขตภูเขาสูง โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ป่าไม้มีขนาดพื้นที่ลดลงมากที่สุด โดยพื้นที่ดังกล่าวส่วนใหญ่เปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่าไม้เป็นไร่ข้าวโพด พื้นที่อื่นๆ และพืชไร่ และเมื่อจากการนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2557 ที่ได้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมมาทำการวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลการจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ พบปัญหาการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ต้นน้ำไม่สอดคล้องตามนโยบายการใช้ที่ดินของรัฐ โดยมาตรการการใช้ที่ดินในพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ 1Aกำหนดไว้ว่าห้ามเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้เป็นรูปแบบอื่นอย่างเด็ดขาดแต่ปัจจุบันกลับพบว่า บริเวณพื้นที่ป่าต้นน้ำถูกเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นประเภทอื่น โดยเปลี่ยนจากพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่สวนยางพารามากที่สุด รองลงมา คือ ไร่มันสำปะหลัง ไร่ข้าวโพด พื้นที่อื่นๆ และพื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง ตามลำดับ เนื่องจากความต้องการขยายพื้นที่เพื่อทำการเกษตรและการก่อสร้างรีสอร์ท รวมไปถึงสถานที่พักผ่อนหย่อนใจเพื่อรองรับนักท่องเที่ยว ซึ่งการใช้ที่ดินที่ไม่สอดคล้องกับสมรรถนะของดิน อาจส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่ลุ่มน้ำได้ข้อมูลผลจากการศึกษาครั้งนี้ สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่สำหรับสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อจัดการการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยวังทองได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ด้านการวางแผนบริหารจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนต่อไป

6. ข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้เป็นเพียงการติดตามสถานภาพการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และประเมินความสอดคล้องของสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยวังทองในปัจจุบันกับแนวนโยบายการใช้ที่ดินที่รัฐกำหนดไว้เท่านั้น แต่ยังไม่ได้ศึกษาถึงปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณดังกล่าว ดังนั้น จึงควรที่จะศึกษาเพิ่มเติมถึงปัจจัยต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านกายภาพ เศรษฐกิจ และสังคม ซึ่งเป็นตัวเร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน รวม

ไปถึงศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อวิถีชีวิตของชุมชนในพื้นที่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการวางแผนบริหารจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อมอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมป่าไม้. (2545). **รายงานประจำปี 2544 กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.** กรุงเทพฯ: บริษัทสไตล์ ครีเอทีฟเฮาส์ จำกัด.

กรมพัฒนาที่ดิน.(2542).**สภาพการใช้ที่ดินของประเทศไทย.**กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เกษม จันทร์แก้ว. (2545).**การจัดการสิ่งแวดล้อมแบบผสมผสาน.** กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คธาวุฒิ ไวยสุศรี. (255). **ปัจจัยและความสัมพันธ์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2531-2550 และการคาดคะเนการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตโดยใช้แบบจำลองคลู-เอส บริเวณลุ่มน้ำห้วยทับเสลา จังหวัดอุทัยธานี.**วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาโลกศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นันทพร อยู่สะอาด. (2556). **การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้แบบจำลอง CA_MARKOVบริเวณลุ่มน้ำย่อยคลองรัตภูมิ จังหวัดสงขลา.**วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2548). **โครงการกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำของประเทศไทย** กรุงเทพ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.(2555).**สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2556.**กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักจัดการทรัพยากรป่าไม้ที่ 4 พิษณุโลก.(2558).**ข้อมูลสถานการณ์ป่าไม้.**Retrived March20, 2015from: http://forestinfo.forest.go.th/55/

Congalton, R. G. and Green, K.(1999).**Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices**.Baco Raton: lewis.

Kurucu, Y. and Chiristina, N.K. (2007).**Monitoring the impacts of urbanization and industrialization on the agricultural land and environment of the Torbali, Izmir region, Turkey**.EnvironmentalMonitoring and Assessment. 136, 289-297.

Wen, Y., Khosrowpanah, S. and Heitz, L. (2011).**Land cover change of watersheds in Southern Guam from 1973 to 2001.** EnvironmentalMonitoring and Assessment. 179, 521-529.

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ ร่วมกับข้อมูลที่ดินรายแปลงเพื่อการวางแผนพัฒนาอาชีพ และการฟื้นฟูอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมบนพื้นที่สูง

(The Application of Geo-Informatics Technology with Cropland Data for Planning of Highland Agricultural Extension and Development, and Natural Resources and Environment Rehabilitation)

ชญาน์นันท์ ศิระทวีพงศ์, อานนท์ ยอดญาติไทย, จิรพงศ์ ใจมา, จุฑาธิป สิโรรส และนารีรัตน์ พานทอง

Chayanan Sira-thawiphong, Arnon Yodyadthai, Jirapong Jaima, Juthatip Siroros and Nareerat Pantong

สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)

65 หมู่ 1 ถนนสุเทพ ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

โทรศัพท์ 053-328496-8 โทรสาร 053-328494, 053-328229

e-mail: chayanans@hrdi.or.th, arnony@hrdi.or.th, jirapong@hrdi.or.th, juthatip@hrdi.or.th and nareeratp@hrdi.or.th

บทคัดย่อ

ประเทศไทยมีพื้นที่สูงคิดเป็นร้อยละ 21 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งพื้นที่สูงส่วนใหญ่มีความลาดชันมากกว่าร้อยละ 35 เกษตรกรบนพื้นที่สูงทำเกษตรกรรมแบบเข้มข้นและใช้สารเคมีเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีต้นทุนการผลิตพืชสูง ผลผลิตพืชที่ได้มีคุณภาพและราคาต่ำ เกษตรกรบนพื้นที่สูงส่วนใหญ่มีปัญหาความยากจน และมีการบุกรุกทำลายพื้นที่ป่าเป็นพื้นที่เกษตรกรรมอย่างต่อเนื่อง ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมบนพื้นที่สูงทั้งดิน น้ำ และป่าไม้เสื่อมโทรมลง บ้านห้วยเป้าเป็นหนึ่งในพื้นที่รับผิดชอบของโครงการขยายผลโครงการหลวงลุ่มน้ำปิงตอนบน บ้าน ห้วยเป้า หมู่ที่ 1 ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ที่พบปัญหาในเรื่องการใช้สารเคมีสูง เนื่องจากปลูกถั่วแขก ข้าวโพด และผักกาดขาวปลี เป็นต้น ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการเพาะปลูกพืชของเกษตรกรในพื้นที่เพื่อลดการใช้สารเคมี โดยใช้ข้อมูลที่ดินรายแปลงเป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรบนพื้นที่สูง

การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศร่วมกับข้อมูลที่ดินรายแปลง ข้อมูลด้านกายภาพ ข้อมูลเศรษฐกิจและสังคม ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาบนพื้นที่สูง และองค์ความรู้จากโครงการหลวง เพื่อการพัฒนาอาชีพและการฟื้นฟูอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมบนพื้นที่สูง มีขั้นตอนดำเนินการโดยจัดประชุมชี้แจงและจัดเวทีประชาคม สำรวจที่ดินรายแปลง และเก็บแบบสอบถามการใช้ประโยชน์ที่ดินรายแปลง พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูลที่ดินรายแปลง เพื่อนำมาวิเคราะห์ศักยภาพของพื้นที่ในการผลิตพืชที่ใช้น้ำน้อยให้ผลตอบแทนสูงและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อวางแผนการพัฒนาอาชีพ นอกจากนี้วิเคราะห์หาแนวทาง มาตรการและข้อเสนอแนะการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เหมาะสมกับศักยภาพของพื้นที่ รวมทั้งวิเคราะห์ศักยภาพในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ การวิเคราะห์คุณภาพดินและน้ำจากการใช้ประโยชน์ที่ดินรายแปลง เพื่อวางแผนการฟื้นฟูอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ผลการศึกษา พบว่า การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศร่วมกับข้อมูลที่ดินรายแปลงเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการช่วยวางแผนและตัดสินใจสำหรับผู้บริหาร เจ้าหน้าที่ของสถาบัน และหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาอาชีพและการฟื้นฟูอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมบนพื้นที่สูงอย่างมีประสิทธิภาพ ชุมชนบ้านห้วยเป้าและหน่วยงานต่าง ๆ

สามารถมองเห็นปัญหาและภาพรวมของพื้นที่ได้ชัดเจน โดยนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์บ้านห้วยเป้าทั้งหมดมาวางแผนดำเนินงานและแก้ไขปัญหาในพื้นที่ได้ตรงตามความต้องการของชุมชน ในด้านการพัฒนาอาชีพ สถาบันและหน่วยงานบูรณาการร่วมได้มีการส่งเสริมและสนับสนุนเกษตรกรโดยปรับระบบการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เหมาะสมกับพื้นที่ รวมถึงการใช้องค์ความรู้จากโครงการหลวงมาถ่ายทอดให้แก่เกษตรกร สถาบันได้มีการส่งเสริมเกษตรกรบ้านห้วยเป้าให้มีรายได้เพิ่มมากขึ้นทั้งในระยะสั้นและระยะยาว เพื่อลดปัญหาความยากจน เช่น การปลูกเสาวรสหวาน การปลูกไม้ผล การปลูกป่า 3 อย่างประโยชน์ 4 อย่าง และการปลูกพืชผักในโรงเรือนซึ่งเป็นการใช้พื้นที่ที่มีอยู่อย่างจำกัดไม่บุกรุกทำลายพื้นที่ป่าเพิ่ม ใช้น้ำน้อยให้ผลตอบแทนสูง ควบคู่ไปกับการฟื้นฟูและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมบนพื้นที่สูง จัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในแปลงเกษตร พัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการทำเกษตรในชุมชน นอกจากนี้บ้านห้วยเป้ายังสามารถพัฒนาเป็นพื้นที่ต้นแบบในการพัฒนาอาชีพ และการฟื้นฟูอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมบนพื้นที่สูง โดยการปลูกพืชแบบผสมผสานและการลดใช้สารเคมีตลอดจนขยายผลขององค์ความรู้ไปยังพื้นที่สูงอื่น ๆ ด้วยการมีส่วนร่วมของชุมชนบนพื้นที่สูง และการบูรณาการร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตความเป็นอยู่ของคนในชุมชนบนพื้นที่สูงให้มีชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น เป็นสังคมที่เข้มแข็งสามารถพึ่งพาตนเองได้ตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง สร้างจิตสำนึกและความตระหนักถึงคุณค่า หวงแหนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นให้มีความยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ: พื้นที่สูง ข้อมูลที่ดินรายแปลง การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ

ABSTRACT

The highland areas in Thailand are covered about 21 percent of the country. The majority of highland areas has slope more than 35 percent. Farmers in the highland areas cultivate with the pattern of intensive agriculture and the use of agricultural chemicals. This practice cause high crop production costs but the produces have low quality and are sell at low price. Majority of highland farmers face with poverty and they continue engaged in deforestation for agriculture which has an impact to natural resources and environment in the highlands on soil, water and forest degradation. Huai Pao Village is the one of the operational areas of the Highland Research and Development Institute (HRDI) in the upper Ping river basin. Ban Huai Pao is located in Moo 1, Thung Kao Puang sub-district, Chiang Dao district of Chiang Mai province where the village was found using high agricultural chemicals. Therefore, the concept of changing agricultural practices of the farmers by applying cropland data as the tool for planning of highland agricultural extension and management.

This study aims to apply Geo-informatics technology collaboratively with cropland data, physical data, economic and social data, meteorology data on the highlands and the knowledge of Royal Project to develop highland agricultural extension and natural resources and environment rehabilitation. The collection of data were consisted of introductory meeting and people forums, cropland survey and questionnaires on land use of cropland. The data were classified by data entry in cropland database to analyze potentials of the areas for low-water-use, high income and environmental friendly crop production for planning of agricultural extension and development. Moreover, the study analyzed to find

an approach, a measure and a recommendation on suitable land use management of the areas as well as to analyze the potentials of organic fertilizer production and the quality of soil and water for planning of natural resources and environment rehabilitation.

As a result, the application of Geo-informatics technology collaboratively with cropland data is an important tool to support in planning and decision making for the management, technical officers and other relevant agencies involving in the development of highland agricultural extension and the rehabilitation of natural resources and environment efficiently. The community of Ban Huai Pao village has clear visions of the problems and the overview of the areas. By applying the analyzed data to incorporate into the implementation plan, they were able to solve the problems to meet the requirements of the community. In terms of development of agricultural extension, HRDI and the partner organizations have been promoted and supported the appropriate land use system including using the knowledge from Royal Project to transfer the appropriate agricultural technology to the farmers. HRDI has been supporting the farmers of Ban Huai Pao village on income generation to increase their income both short term and long term to reduce poverty problem such as the promotion of passion fruits production, fruit trees cultivation, "3 Forests 4 Benefits" reforestation project and greenhouse organic vegetables production in which using the existing available areas and would not cause deforestation in new areas for agriculture, using low water in the production and giving high income in accompany with highland natural resources and environment rehabilitation and conservation, providing soil and water conservation system in farming plots, the development water resources for agriculture in the community. Besides, Ban Huai Pao village was able to be demonstrated as the model area of highland agricultural extension and development, and natural resources and environment rehabilitation and conservation by applying integrated cropping system and reducing chemical usage along with the extension of knowledge and technologies to the other highland areas with the participation of highland communities and the integration with other involved agencies to develop the quality of life of the highland communities, create self-sufficiency to follow the philosophy of the 'Sufficiency Economy', and create conscious and awareness to cherish the values and protect their local natural resources and environment for sustainability.

KEY WORDS

Highland, Cropland data, Highland agriculture, Natural resources and environment rehabilitation, Geo-Informatics technology

1. บทนำ

ในปัจจุบัน ทุกภูมิภาคของโลกกำลังประสบปัญหาการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างรุนแรง อันเนื่องมาจากจำนวนประชากรที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้มีการใช้ที่ดินและทรัพยากรอย่างไม่ถูกต้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ที่ดินทางการเกษตรบนพื้นที่สูงที่เป็นสาเหตุของการบุกรุกและแผ้วถางพื้นที่ทรัพยากรป่าไม้เป็นจำนวนมาก (จันทบูรณ์, 2539) ประเทศไทยมีพื้นที่สูงคิดเป็นร้อยละ 21 ของพื้นที่ทั้งหมด (สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง, 2557) เกษตรกรบนพื้นที่สูงทำเกษตรกรรมแบบเข้มข้นและใช้สารเคมีเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีต้นทุนการผลิตพืชสูง ผลผลิตพืชที่ได้มีคุณภาพและราคาต่ำ เกษตรกรบนพื้นที่สูงส่วนใหญ่มีปัญหาความยากจน และมีการบุกรุกทำลายพื้นที่ป่าเป็นพื้นที่เกษตรกรรมอย่างต่อเนื่อง ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมบนพื้นที่สูงทั้งดิน น้ำ และป่าไม้เสื่อมโทรมลง บ้านห้วยเป้าเป็นหนึ่งในพื้นที่รับผิดชอบของโครงการขยายผลโครงการหลวงลุ่มน้ำปิงตอนบน บ้านห้วยเป้า หมู่ที่ 1 ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ที่พบปัญหาในเรื่องการใช้สารเคมีสูง เนื่องจากปลูกถั่วแขก ข้าวโพด และผักกาดขาวปลี เป็นต้น ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการเพาะปลูกพืชของเกษตรกรในพื้นที่เพื่อลดการใช้สารเคมี โดยใช้ข้อมูลที่ดินรายแปลงเป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรบนพื้นที่สูง เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตความเป็นอยู่ของคนในชุมชนบนพื้นที่สูงให้มีชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น เป็นสังคมที่เข้มแข็งสามารถพึ่งพาตนเองได้ตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง สร้างจิตสำนึกและความตระหนักถึงคุณค่า หวงแหนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นให้มีความยั่งยืนต่อไป

การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศร่วมกับข้อมูลที่ดินรายแปลง ข้อมูลด้านกายภาพ ข้อมูลเศรษฐกิจและสังคม ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาบนพื้นที่สูง และองค์ความรู้จากโครงการหลวง เพื่อการพัฒนาอาชีพและการฟื้นฟูอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมบนพื้นที่สูง ทำการวิเคราะห์ศักยภาพของพื้นที่ในการผลิตพืชที่ใช้น้ำน้อยให้ผลตอบแทนสูงและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม วิเคราะห์หาแนวทาง มาตรการและข้อเสนอแนะการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เหมาะสมกับศักยภาพของพื้นที่ รวมทั้งวิเคราะห์ศักยภาพในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ การวิเคราะห์คุณภาพดินและน้ำจากการใช้ประโยชน์ที่ดินรายแปลงด้วยการมีส่วนร่วมของชุมชนบนพื้นที่สูง และการบูรณาการร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตความเป็นอยู่ของคนในชุมชนบนพื้นที่สูงให้มีชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น คนสามารถอยู่ร่วมกับป่าได้ ร่วมกันฟื้นฟูและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมให้มีความยั่งยืนต่อไป

2. วัตถุประสงค์

ศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อการวางแผนพัฒนาอาชีพและการฟื้นฟูอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวง

3. วิธีการวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษา

บ้านห้วยเป้า หมู่ที่ 1 ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ เป็นหมู่บ้านที่มีปัญหาการทำเกษตรกรรมแบบเข้มข้น มีต้นทุนการผลิตสูง เกษตรกรขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องการใช้สารเคมีที่ถูกต้องและเหมาะสม ทำให้มีการใช้สารเคมีมาก มีการตรวจพบสารเคมีตกค้างในเลือดของเกษตรกร ในปี พ.ศ. 2557 ที่มีความเสี่ยงและไม่ปลอดภัย จำนวน 18 ราย จากเกษตรกรที่มีการตรวจเลือด 28 ราย คิดเป็นร้อยละ 64 ของเกษตรกรที่มีการตรวจเลือดทั้งหมด ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพและราคาต่ำ ทำให้เกษตรกรประสบปัญหาความยากจน นอกจากนี้บ้านห้วยเป้ามีปัญหาขาดแคลนน้ำใช้เพื่อการเกษตร เนื่องจากไม่มีระบบกระจายน้ำ และมีอัตราการชะล้างพังทลายดินสูง ทั้งนี้เพราะพื้นที่เกษตรส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่มีความลาดชันสูงมากกว่าร้อยละ 35 ทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์

3.1.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

บ้านห้วยเป้าตั้งอยู่ในหมู่ที่ 1 ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ เป็น 1 ใน 7 หมู่บ้านในเขตตำบลทุ่งข้าวพวง บ้านห้วยเป้ามีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 17 ตารางกิโลเมตร หรือ 10,595 ไร่ ตั้งอยู่ในพิกัดทางภูมิศาสตร์ ลอง

ติจูดที่ 98 องศา 57 ลิปดา 21 พิลิปดาตะวันออก และละติจูดที่ 19 องศา 33 ลิปดา 57 พิลิปดาเหนือ หรือมีพื้นที่อยู่ในแผนที่ภูมิประเทศชุด L7018 ระวาง 4748II

3.1.2 ลักษณะภูมิประเทศ

บ้านห้วยเป้าเป็นแอ่งกระทะลาดเท พื้นที่บริเวณทางทิศตะวันออกเป็นเทือกเขาสูง และเป็นแหล่งต้นน้ำลำธารที่สำคัญ พื้นที่ส่วนใหญ่มีระดับความสูงอยู่ในช่วง 500 – 700 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง 6,132 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 58 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ส่วนใหญ่มีความลาดชันสูงปานกลาง (มากกว่าร้อยละ 20 – 30) 3,119 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 29 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมา คือ พื้นที่มีความลาดชันอยู่ในระดับสูงชัน (มากกว่าร้อยละ 35 - 50) 2,761 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 26 ของพื้นที่ทั้งหมด มีลำห้วยที่สำคัญ 3 สาย คือ ห้วยน้ำซุ้ม ห้วยป่าคาไหล และห้วยจะแว

3.1.3 ลักษณะทางสังคมและเศรษฐกิจ

จากข้อมูลแบบสัมภาษณ์ระดับครัวเรือนเกษตรกรบ้านห้วยเป้า ปี พ.ศ. 2556 มีประชากร 116 ครัวเรือน มีประชากรทั้งหมด 448 คน ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพหลัก คือ รับจ้าง จำนวน 145 คน คิดเป็นร้อยละ 32 ของประชากรทั้งหมด รองลงมา คือ เกษตรกรรม จำนวน 80 คน คิดเป็นร้อยละ 18 ของประชากรทั้งหมด พืชหลักที่นิยมปลูก คือ ข้าวโพด ข้าวนา หอมแดง กระเทียม และมะม่วง ซึ่งอาชีพรับจ้างเป็นอาชีพที่เกี่ยวข้องกับการการทำเกษตร เช่น การปลูก ดูแลและการเก็บเกี่ยวผลผลิตพืช ประชากรส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาในระดับชั้นประถมศึกษาตอนต้น จำนวน 103 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 23 ของประชากรทั้งหมด

1) รายได้ ประชากรส่วนใหญ่มีรายได้อยู่ในเกณฑ์ระหว่าง 10,000 – 50,000 บาทต่อปี จำนวน 38 ครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 33 ของครัวเรือนทั้งหมด

2) รายจ่าย ประชากรส่วนใหญ่มีรายจ่ายอยู่ในเกณฑ์ระหว่าง 10,000 – 50,000 บาทต่อปี จำนวน 43 ครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 37 ของครัวเรือนทั้งหมด

3.2 ขั้นตอนการศึกษา

3.2.1 รวบรวม และศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของพื้นที่ศึกษา โดยศึกษาข้อมูลด้านกายภาพ เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม การดำเนินงานของหน่วยงานต่างๆ ในพื้นที่ ข้อกำหนดด้านกฎหมาย เป็นต้น

3.2.2 จัดประชุมชี้แจงในชุมชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ของการดำเนินงาน สร้างความเข้าใจ และกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งจัดตั้งคณะทำงานร่วมกับชุมชนเพื่อร่วมกันกำหนดแนวทางและวางแผนการดำเนินงานในการสำรวจข้อมูลชุมชนและข้อมูลที่ดินรายแปลง รวมทั้งการเก็บแบบสัมภาษณ์ข้อมูลรายครัวเรือนในพื้นที่

3.2.3 สำรวจข้อมูลในพื้นที่ด้วยเครื่องมือระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Positioning Systems: GPS) โดยมีการวางแผนการดำเนินงานร่วมกับคณะทำงานในชุมชน เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจวางแผนและวิเคราะห์ชุมชนต่อไป แบ่งเป็น 4 ส่วนดังนี้

(1) สำรวจข้อมูลชุมชน มีการเก็บข้อมูลตำแหน่งพิกัดบ้านและตำแหน่งโครงสร้างพื้นฐาน พร้อมทั้งบันทึกภาพถ่ายเจ้าของบ้าน บ้านที่อยู่อาศัย และโครงสร้างพื้นฐาน

(2) สำรวจข้อมูลที่ดินรายแปลง เก็บตำแหน่งแปลงของเกษตรกร พร้อมทั้งบันทึกภาพถ่ายเจ้าของแปลง และแปลงของเกษตรกร

(3) สำรวจข้อมูลเกษตรกรที่ได้รับการส่งเสริมจากสถาบันฯ เช่น รายชื่อของเกษตรกรที่ได้รับการส่งเสริม พืชที่ปลูก เป็นต้น

(4) สำรวจข้อมูลการฟื้นฟูอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เช่น ตำแหน่งฝาย อ่างเก็บน้ำ พื้นที่ป่าของชุมชน เป็นต้น

3.2.4 เก็บแบบสัมภาษณ์ข้อมูลระดับครัวเรือนของเกษตรกร พร้อมทั้งนำเข้าข้อมูลจัดเก็บลงในระบบฐานข้อมูลระดับครัวเรือนเกษตรกร ผ่าน Web Application โดยเก็บข้อมูลรายละเอียดสมาชิกในครัวเรือน โครงสร้างประชากร ข้อมูล

ด้านเศรษฐกิจ-สังคม ข้อมูลด้านสาธารณสุข ลักษณะของครัวเรือน ข้อมูลด้านการเกษตรและการถือครองที่ดิน การเข้าร่วมกิจกรรมและรวมกลุ่ม ปัญหาและข้อเสนอแนะของเกษตรกร

3.2.5 เก็บแบบสัมภาษณ์ที่ดินรายแปลงพร้อมทั้งนำเข้าข้อมูลจัดเก็บลงในระบบฐานข้อมูลที่ดินรายแปลง ผ่าน Web Application โดยเก็บข้อมูล 4 ส่วน มีดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของเจ้าของแปลง เช่น รหัสแปลง ชื่อ – นามสกุลเจ้าของแปลง ประเภทบัตรประจำตัวบุคคล หมายเลขบัตรประจำตัวที่อยู่ และเอกสารสิทธิ์ถือครอง

ส่วนที่ 2 ข้อมูลรายละเอียดแปลงเกษตรกร เช่น ชนิดพืชที่ปลูก จำนวนพื้นที่ ระยะเวลาปลูก-เก็บเกี่ยวพืช ผลผลิตพืชที่ได้ ราคาขายต่อหน่วย รายได้จากการขายผลผลิตต่อปี

ส่วนที่ 3 ข้อมูลการส่งเสริมและสนับสนุนของของหน่วยงานต่าง ๆ ในพื้นที่ ปัญหาทางด้านการเกษตร และความต้องการในการสนับสนุนจากหน่วยงาน เช่น กิจกรรมที่หน่วยงานต่าง ๆ ให้การส่งเสริม การส่งเสริมจากหน่วยงานอื่น ๆ ปัญหาทางด้านการเกษตร ความต้องการในการสนับสนุนจากหน่วยงาน

ส่วนที่ 4 รายละเอียดต้นทุนการผลิตพืช เช่น เมล็ดพันธ์/กล้าไม้ ปุ๋ย ยา/ฮอร์โมน และแรงงาน

3.2.6 นำเข้าและจัดทำข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ได้จากการสำรวจด้วยโปรแกรมทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยเชื่อมโยงข้อมูลเชิงพื้นที่กับฐานข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากการสำรวจ

3.2.7 จัดเวทีประชาคม โดยจัดทำแผนที่ที่ดินรายแปลงที่ได้จากการสำรวจ และนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บแบบสัมภาษณ์และข้อมูลที่ได้จากการสำรวจต่าง ๆ มาตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลกับคนในชุมชนและหน่วยงานในพื้นที่ เช่น ขอบเขตพื้นที่แปลงเกษตรกร รายชื่อเจ้าของแปลง หมายเลขบัตรประชาชน ที่อยู่ พืชที่ปลูก เป็นต้น นอกจากนี้จัดประชุมเพื่อสร้างข้อตกลงร่วมกันกับชุมชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ในการหากลุ่มเกษตรกรที่มีความสนใจเข้าร่วมกิจกรรมการวางแผนการพัฒนาอาชีพ การฟื้นฟูและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยผู้เข้าร่วมกิจกรรมต้องเป็นเกษตรกรที่มีการสำรวจที่ดินรายแปลงแล้ว หากเป็นเกษตรกรที่ยังไม่ได้สำรวจต้องมีการสำรวจแปลงเพิ่มใหม่

3.2.8 ปรับปรุงและแก้ไขข้อมูล ภายหลังจากการจัดเวทีประชาคม ต้องนำข้อมูลที่ได้จากการประชาคมของคนในชุมชนและหน่วยงานในพื้นที่มาปรับปรุงและแก้ไข เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้อง สามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์เพื่อวางแผนการดำเนินงานต่อไป

3.2.9 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและการเก็บแบบสัมภาษณ์ต่าง ๆ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าร้อยละ ซึ่งทำให้ทราบข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่ ได้แก่ โครงสร้างของประชากร เศรษฐกิจและสังคม การถือครองที่ดิน และรูปแบบการเพาะปลูกพืช ลักษณะการใช้ที่ดิน เพื่อประกอบการวางแผนการพัฒนา

3.2.10 วิเคราะห์ศักยภาพของพื้นที่ในการผลิตพืชที่ใช้น้ำน้อยให้ผลตอบแทนสูงและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมด้วยโปรแกรมทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อการวางแผนและพัฒนาอาชีพ โดยนำข้อมูลที่ดินรายแปลงไปวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลทางด้านกายภาพของพื้นที่ ได้แก่ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลกลุ่มชุดดิน ข้อมูลความสูง ข้อมูลธรณีวิทยา ข้อมูลการชะล้างพังทลายดิน ข้อมูลชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ ข้อมูลร่างแผนการใช้ที่ดิน ข้อมูลระบบกระจายน้ำ ข้อมูลความลาดชัน ข้อมูลคุณภาพดินและน้ำ ข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ และข้อมูลอุตุนิยมวิทยาบนพื้นที่สูง เพื่อปรับระบบการใช้ที่ดินของเกษตรกรให้เหมาะสมกับศักยภาพของพื้นที่ โดยใช้องค์ความรู้จากโครงการหลวงถ่ายทอดให้แก่เกษตรกรในการเลือกปลูกพืชที่ให้ผลตอบแทนสูง และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

3.2.11 วิเคราะห์หาแนวทาง มาตรการและข้อเสนอแนะการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เหมาะสมกับศักยภาพของพื้นที่ วิเคราะห์ศักยภาพในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ วิเคราะห์คุณภาพดินและน้ำจากการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อวางแผนการฟื้นฟูอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยรวบรวมและจัดทำแผนที่แสดงตำแหน่งข้อมูลทางด้านการฟื้นฟูและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของบ้านห้วยเป้า เช่น ตำแหน่งฝาย อ่างเก็บน้ำ การปลูกหญ้าแฝก พื้นที่ป่าของชุมชน แหล่งน้ำที่ใช้ในการอุปโภคและบริโภค ขอบเขตหมู่บ้าน การจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ โครงสร้างพื้นฐานของชุมชน เช่น อ่างเก็บน้ำ บ่อพักน้ำ เพื่อแสดงให้ชุมชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องมองเห็นปัญหาและภาพรวมของพื้นที่ได้ชัดเจน ตลอดจนร่วมกันวางแผนการจัดกิจกรรมการฟื้นฟูและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม นำข้อมูลผลการตรวจคัดกรอง

สารเคมีในเลือดและผลวิเคราะห์จากการเก็บตัวอย่างดินและน้ำที่ได้จากโครงการลดการใช้สารเคมีของสถาบันในพื้นที่บ้านห้วยเป้าร่วมกับข้อมูลที่ดินรายแปลง เพื่อลดการใช้สารเคมีในพื้นที่ รวมทั้งลดต้นทุนการผลิตพืชและส่งเสริมการลดการเผาหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตด้วยการนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินรายแปลงในพื้นที่ที่มีการปลูกข้าวโพด นำมาวิเคราะห์หาศักยภาพในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ จากการนำซากข้าวโพดที่เหลือใช้จากการเกษตรมาทำปุ๋ยหมักแบบไม่กลับกอง นอกจากนี้วิเคราะห์หาแนวทาง มาตรการและข้อเสนอแนะการใช้ประโยชน์ที่ดินตามร่างแผนการใช้ที่ดิน โดยนำข้อมูลที่ดินรายแปลงร่วมกับร่างแผนการใช้ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยคำนึงถึงการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

3.2.12 จัดประชุมและคืนข้อมูลให้แก่ชุมชน ภายหลังจากการวิเคราะห์ข้อมูลตามแผนการดำเนินงานแล้ว ต้องมีการคืนข้อมูลให้กับชุมชนเพื่อให้ชุมชนรับทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในชุมชน ได้แก่ ปัญหาเศรษฐกิจและสังคม ปัญหาทางด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ก่อให้เกิดการวางแผนร่วมกันในชุมชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องพร้อมทั้งจัดตั้งกลุ่มเกษตรกรในชุมชน เพื่อร่วมกันวางแผนดำเนินงานและแก้ไขปัญหาดังกล่าว

3.3 ข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

3.3.1 ข้อมูล ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา แบ่งได้เป็นข้อมูล 2 ส่วน ดังนี้

(1) ข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่ ได้แก่

- ข้อมูลบริบททางกายภาพของหมู่บ้าน
- ข้อมูลพื้นฐานระดับครัวเรือน
- ข้อมูลการส่งเสริมและพัฒนาอาชีพของสถาบัน เช่น รายชื่อเกษตรกรที่ส่งเสริม ชนิดพืชที่ส่งเสริม
- ข้อมูลการฟื้นฟูและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ เช่น ตำแหน่งฝาย อ่างเก็บน้ำ พื้นที่ป่าของชุมชน
- ข้อมูลการวิเคราะห์ดินและน้ำในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวง
- ข้อมูลผลการตรวจคัดกรองสารเคมีในเลือด

ฯลฯ

2) ข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) แบ่งเป็น 2 แบบ ดังนี้

2.1) ข้อมูลแบบราสเตอร์ คือ ข้อมูลที่มีโครงสร้างเป็นช่องสี่เหลี่ยม เรียกว่า จุดภาพ หรือ Grid Cell เรียงต่อเนื่องกันในแนวราบและแนวดิ่ง โดยในแต่ละจุดภาพสามารถเก็บค่าได้ 1 ค่า ความสามารถแสดงรายละเอียดของข้อมูลขึ้นอยู่กับขนาดของเซลล์ ได้แก่ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจาก Google Earth และข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศปี พ.ศ. 2545 แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1 : 50,000 ลำดับชุด L7018

2.2) ข้อมูลแบบเวกเตอร์ คือ ข้อมูลที่แสดงเป็น จุด เส้น หรือพื้นที่ ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลพิกัดทางแนวราบ (X,Y) และ/หรือ แนวดิ่ง (Z) ได้แก่ ข้อมูลที่ดินรายแปลง ข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานของหมู่บ้าน เช่น ถนน ระบบพัฒนาแหล่งน้ำ ข้อมูลร่างแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน และข้อมูลด้านกายภาพของพื้นที่ เช่น ระดับความสูง ระดับความลาดชัน ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ ข้อมูลดิน ข้อมูลพื้นที่ป่าอนุรักษ์ (เขตป่าสงวนแห่งชาติ เขตป่าอุทยานแห่งชาติ และเขตอนุรักษ์พันธุ์สัตว์ป่า) ฯลฯ

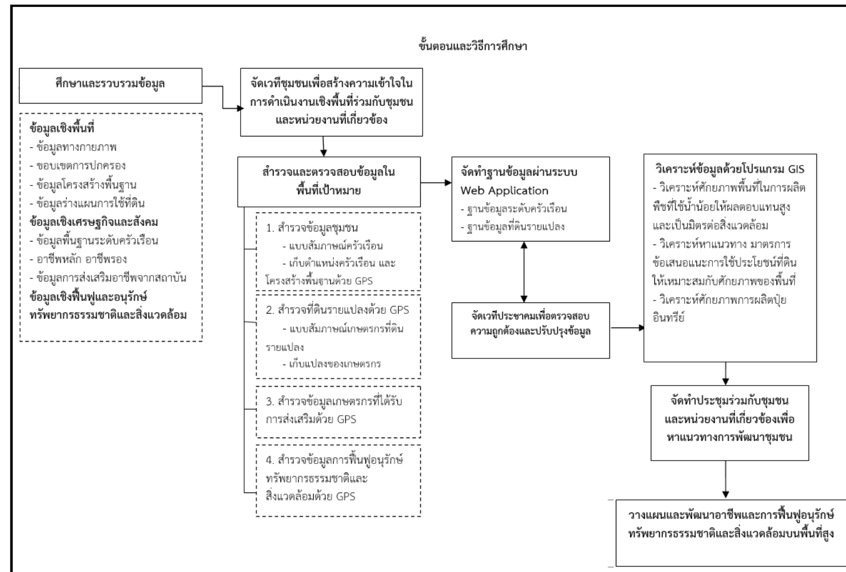
3.3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

(1) ชุดอุปกรณ์คอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรมสำเร็จรูปและระบบฐานข้อมูลเพื่อใช้จัดการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

- โปรแกรมทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS)
- ระบบฐานข้อมูลระดับครัวเรือนเกษตรกร
- ระบบฐานข้อมูลที่ดินรายแปลง

(2) เครื่องมือรับสัญญาณพิกัดตำแหน่งด้วยดาวเทียม (GPS)

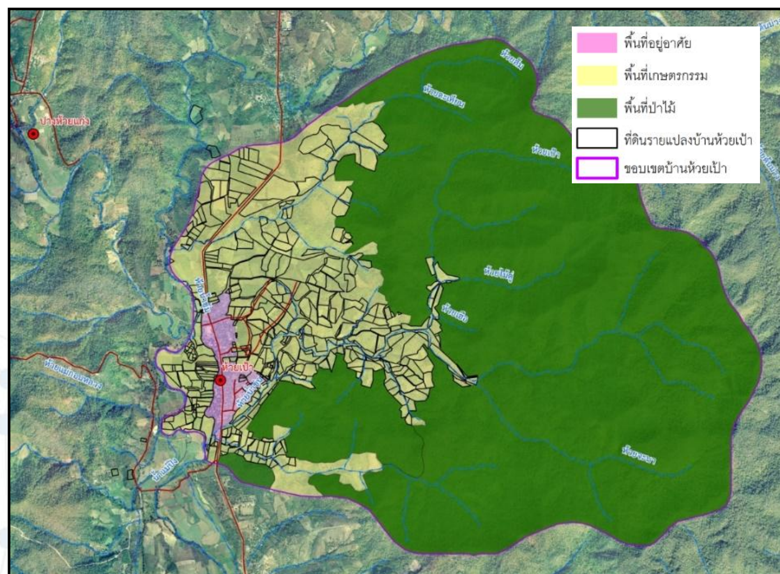
(3) แบบสัมภาษณ์ข้อมูลระดับครัวเรือนเกษตรกรและแบบสัมภาษณ์ข้อมูลที่ดินรายแปลง เพื่อเก็บข้อมูลพื้นฐานของครัวเรือนเกษตรกร ข้อมูลเศรษฐกิจและสังคม ข้อมูลรูปแบบการใช้ที่ดินและระบบการปลูกพืช



ภาพที่ 1 ขั้นตอนและวิธีการศึกษา

4. ผลการวิจัย

บ้านห้วยเป้า มีพื้นที่ทั้งหมด 10,595 ไร่ จากการสำรวจข้อมูลที่ดินรายแปลง ปี พ.ศ. 2556 - 2557 สามารถกำหนดเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินของบ้านห้วยเป้าได้ 3 เขต เพื่อป้องกันการบุกรุกขยายพื้นที่ ทำกินของเกษตรกรเข้าไปในพื้นที่ป่าไม้ โดยการกำหนดขอบเขตที่ทำกินให้ชัดเจนตามศักยภาพของที่ดิน และข้อจำกัดในการใช้พื้นที่ของรัฐ แบ่งเป็นพื้นที่อยู่อาศัย จำนวน 200 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่เกษตรกรรม จำนวน 2,751 ไร่ และเป็นพื้นที่ป่าไม้ จำนวน 7,644 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 26 และ 72 ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับ (ดังภาพที่ 2)

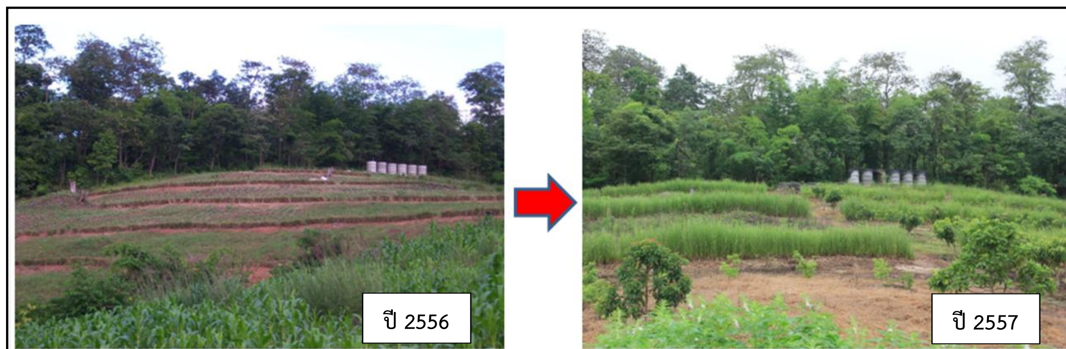


ภาพที่ 2 การกำหนดเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินบ้านห้วยเป้า ซ้อนทับกับข้อมูลที่ดินรายแปลงที่ได้จากการสำรวจ ปี พ.ศ. 2556 - 2557 และข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศสี ปี พ.ศ. 2545

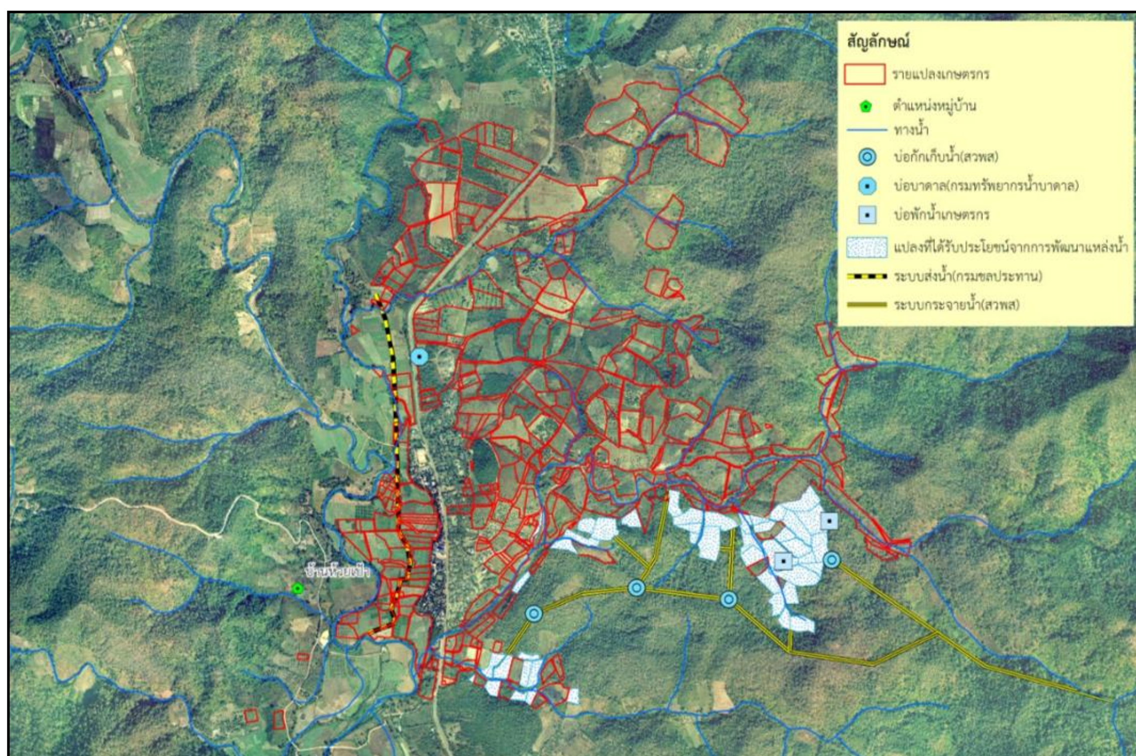
จากการสำรวจที่ดินรายแปลงบ้านห้วยเป้า ปี พ.ศ. 2556 พบว่า มีพื้นที่สำรวจที่ดินรายแปลง จำนวน 385 แปลง มีพื้นที่ 1,730 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 63 ของพื้นที่เกษตรกรรมทั้งหมด มีเกษตรกรจำนวน 186 ราย พื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่อาศัยน้ำฝนเป็นหลัก ทำให้สามารถเพาะปลูกพืชได้เพียง 1 ครั้งต่อปี

4.1 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศร่วมกับข้อมูลที่ดินรายแปลงเพื่อการวางแผนพัฒนาอาชีพ

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ดินรายแปลงบ้านห้วยเป้า ร่วมกับข้อมูลทางด้านกายภาพ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาบนพื้นที่สูง (ภาพที่ 5) ประกอบกับการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและการเก็บแบบสัมภาษณ์ ต่าง ๆ สถาบันสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปใช้ในการวางแผนพัฒนาอาชีพของเกษตรกรในพื้นที่ โดยนำข้อมูลดังกล่าวไปให้เจ้าหน้าที่ที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านการปลูกพืช พร้อมทั้งนำผลงานวิจัยและองค์ความรู้จากโครงการหลวงมาถ่ายทอดให้แก่เกษตรกรในการผลิตพืชที่ให้ผลตอบแทนสูง และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากบ้านห้วยเป้ามีพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตพื้นที่ป่าไม้ และเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง ทำให้มีข้อจำกัดในเรื่องของพื้นที่ที่เหมาะสมกับการปลูกพืช สถาบันและกรมพัฒนาที่ดินได้มีการส่งเสริมเกษตรกรให้มีการปรับระบบการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เหมาะสมกับศักยภาพของพื้นที่ โดยได้ดำเนินการจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ในปี พ.ศ. 2556 - 2557 มีเกษตรกรที่ได้รับการส่งเสริมแล้วจำนวน 28 ราย จำนวน 33 แปลง ทำในพื้นที่ 150 ไร่ ดังภาพที่ 3 ทั้งนี้บ้านห้วยเป้ามีปัญหาในเรื่องการขาดแคลนน้ำทางด้านการเกษตร สถาบันได้ให้การสนับสนุนงบประมาณในการพัฒนาแหล่งน้ำ โดยใช้แหล่งน้ำต้นทุนจากพื้นที่ป่าอนุรักษ์ของชุมชน จัดทำบ่อกักเก็บน้ำ จำนวน 4 จุด และจัดทำระบบกระจายน้ำเข้าสู่แปลงเกษตรกรที่อยู่ในกลุ่มการปรับระบบการใช้ประโยชน์ที่ดินนำร่อง มีเกษตรกรที่ได้รับประโยชน์จำนวน 32 ราย 45 แปลง พื้นที่ได้รับประโยชน์ ประมาณ 180 ไร่ ซึ่งเกษตรกรแต่ละรายได้จัดทำถังกักเก็บน้ำประจำแปลงของตนเอง ทั้งนี้ได้มีการจัดตั้งคณะกรรมการกลุ่มผู้ใช้น้ำและกฎระเบียบในการใช้น้ำขึ้นเพื่อบริหารจัดการให้มีการใช้น้ำอย่างทั่วถึง และเป็นธรรม โดยมีข้อตกลงในการอนุรักษ์และฟื้นฟูพื้นที่ป่าต้นน้ำลำธารของชุมชน เพื่อให้มีน้ำใช้ได้ตลอดทั้งปี และกรมชลประทานยังได้จัดทำระบบน้ำเข้าสู่ที่นา ทางด้านทิศตะวันตกของหมู่บ้าน โดยชุมชนสามารถใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชผักหลังนาในฤดูแล้งได้อีกด้วย ดังภาพที่ 4

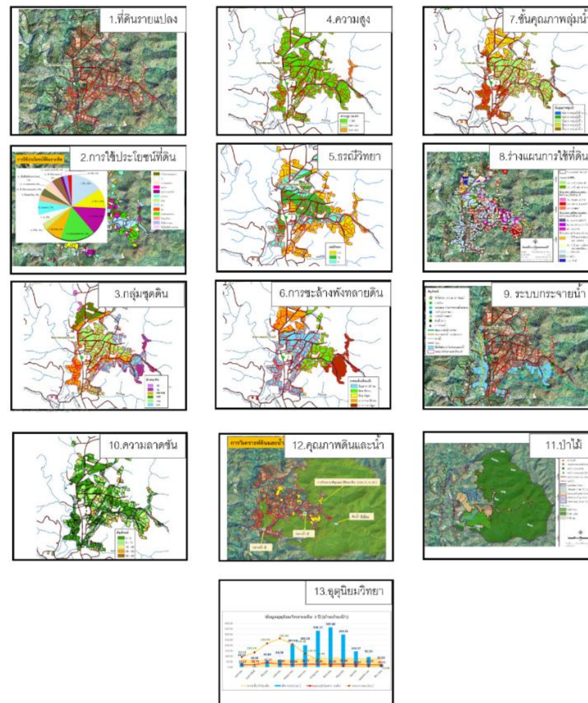


ภาพที่ 3 เปรียบเทียบภาพก่อน – หลัง การเข้าไปปรับระบบการใช้ประโยชน์ที่ดินของเกษตรกรบ้านห้วยเป้า



ภาพที่ 4 กิจกรรมการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็ก และระบบกระจายน้ำเพื่อการเกษตรของชุมชนบ้านห้วยเป้า

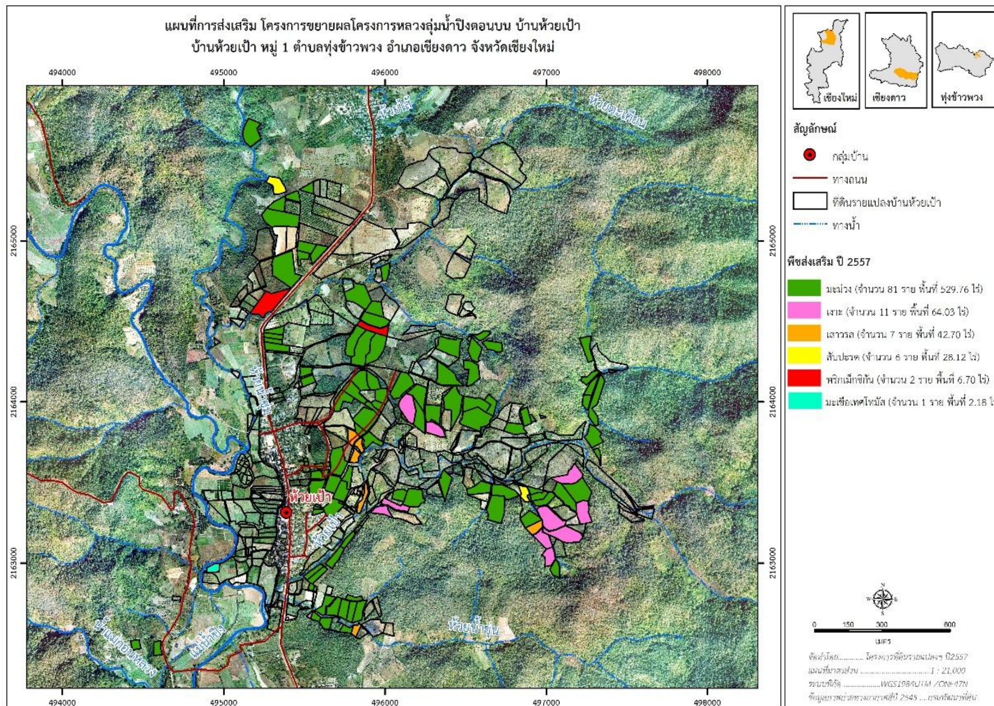
นอกจากนี้สถาบันได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรมีรายได้จากการปลูกพืชเพิ่มมากขึ้น ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว โดยใช้พื้นที่ที่มีอยู่อย่างจำกัด ไม่ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีตลาดรองรับซื้อผลผลิต เพื่อสร้างแรงจูงใจให้เกษตรกรมีการปรับเปลี่ยนการใช้ที่ดิน โดยการส่งเสริมการปลูกเสาวรสหวาน เนื่องจากให้ผลผลิตเร็ว ซึ่งหลังจากการปลูกสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ในระยะเวลา 6 - 7 เดือน การสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรในระยะยาว สถาบันได้มีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของเกษตรกรที่มีการปลูกพืชไร่เป็นหลัก โดยส่งเสริมให้มีการปลูกพืชแบบผสมผสาน และปลูกไม้ผลยืนต้น ได้แก่ มะม่วงและเงาะ ส่งเสริมการปลูกไม้ยืนต้น ได้แก่ ไม้ 3 อย่าง ประโยชน์ 4 อย่าง เพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียว ลดปัญหาการชะล้างพังทลายดินและลดการใช้สารเคมี พร้อมทั้งสนับสนุนปัจจัยการผลิตพืช เช่น ปุ๋ย ยา ฮอร์โมน วัสดุสร้างโรงเรือน เป็นต้น นอกจากนี้ยังส่งเสริมการปลูกพืชผักทั้งในและนอกโรงเรือน ซึ่งการปลูกพืชผักในโรงเรือนช่วยป้องกันความเสียหายของพืชจากสภาพแวดล้อมธรรมชาติ การทำลายของโรค สัตว์ และแมลงศัตรูพืช ใช้น้ำน้อยและสามารถวางแผนการผลิตพืชได้ โดยปลูกพืชที่ให้ผลตอบแทนสูง เนื่องจากสามารถปลูกพืชผักได้ 3 - 4 ครั้งต่อปี ทั้งนี้มีเกษตรกรที่เข้าร่วมและได้รับการส่งเสริมจากสถาบันตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2556 จำนวน 84 ราย 128 แปลง และมีเกษตรกรเพิ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2557 จำนวน 108 ราย 155 แปลง เพิ่มขึ้นร้อยละ 29 ของจำนวนเกษตรกรปี พ.ศ.2556 ดังตารางที่ 1 และภาพที่ 6 (หมายเหตุ พื้นที่ปลูกพืชแต่ละชนิดเป็นพื้นที่ที่ได้จากการสำรวจที่ดินรายแปลง ไม่ใช่พื้นที่ปลูกจริงของพืชชนิดนั้น)



ภาพที่ 5 ข้อมูลทางด้านภายภาพที่ใช้ในการวิเคราะห์ศักยภาพของพื้นที่ในการผลิตพืชที่ใช้น้ำน้อยให้ผลตอบแทนสูงและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ด้วยโปรแกรมทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อการวางแผนและพัฒนาอาชีพ

ตารางที่ 1 การส่งเสริมและพัฒนาอาชีพ โดยการสนับสนุนเกษตรกรเพื่อปรับระบบการใช้ประโยชน์ที่ดินบ้านห้วยเป้า ปี พ.ศ. 2557 จำนวน 108 ราย 155 แปลง

ชนิดพืชที่ส่งเสริม	จำนวนเกษตรกร (ราย)	จำนวนแปลง	พื้นที่ปลูก (ไร่)
1. ไม้ผลไม้ยืนต้น เช่น มะม่วง เงาะ	92	128	594
2. เสาวรสหวาน	7	11	43
3. สับปะรด	6	13	28
4. ผักในโรงเรือน (พริกเม็กซิกัน)	2	2	7
5. ผักในโรงเรือน (มะเขือเทศโทมัส)	1	1	2.18

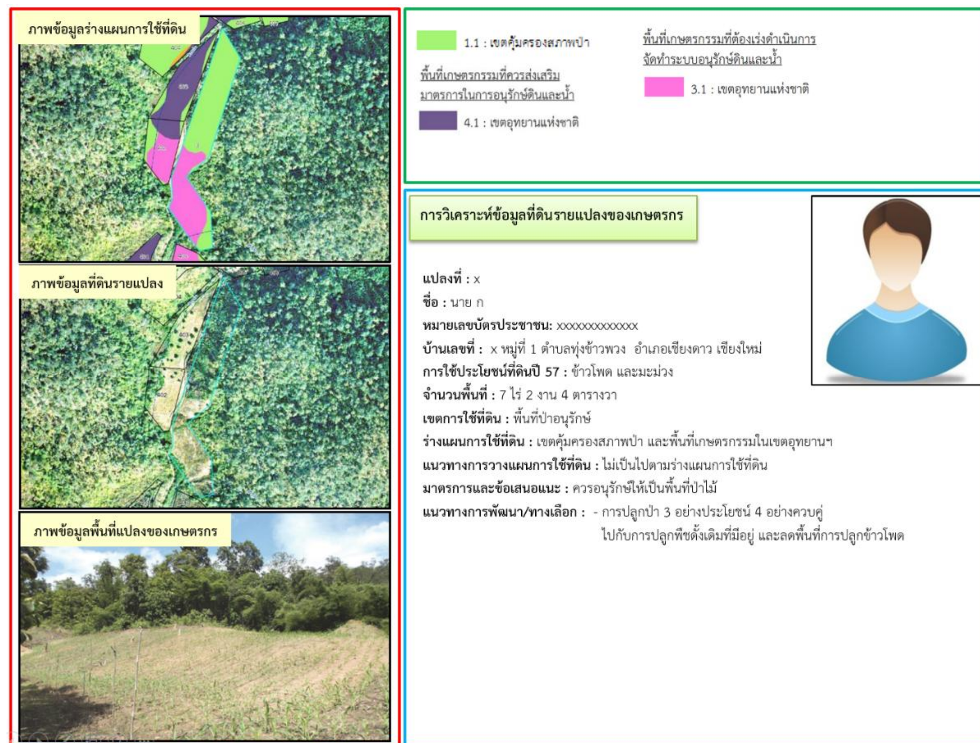


ภาพที่ 6 การส่งเสริมและพัฒนาอาชีพ โดยการสนับสนุนเกษตรกรเพื่อปรับระบบการใช้ประโยชน์ที่ดินบ้านห้วยเป้า ปี พ.ศ. 2557

4.2 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศร่วมกับข้อมูลที่ดินรายแปลงเพื่อการวางแผนฟื้นฟูอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

จากการนำข้อมูลที่ดินรายแปลงบ้านห้วยเป้ากับข้อมูลร่างแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากกรมพัฒนาที่ดินมาวิเคราะห์หาแนวทาง มาตรการ และข้อเสนอแนะการใช้ประโยชน์ที่ดินตามร่างแผนการใช้ที่ดิน (ภาพที่ 7) พบว่า บ้านห้วยเป้ามีพื้นที่ที่ไม่เป็นไปตามร่างแผนการใช้ที่ดิน จำนวน 421 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 24 ของพื้นที่สำรวจทั้งหมด จากข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาประกอบการตัดสินใจวางแผนกับชุมชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ ในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการปลูกพืชให้กับเกษตรกรส่งเสริมการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เหมาะสมกับศักยภาพของพื้นที่ โดยเกษตรกรส่วนใหญ่มีพื้นที่แปลงอยู่ในเขตพื้นที่ที่ต้องมีการเร่งรัดการจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ เพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายดิน เช่น การปลูกหญ้าแฝก การปลูกพืชตามแนวระดับ การปลูกพืชสลับแถว จำนวน 45 แปลง พื้นที่ 93 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 64 ของพื้นที่ที่ไม่เป็นไปตามร่างแผนการใช้ที่ดิน ซึ่งในปี พ.ศ. 2557 สถาบันและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้มีการดำเนินการปรับระบบการใช้ที่ดินให้เป็นไปตามร่างแผนการใช้ที่ดินแล้ว จำนวน 276 ไร่ มีเกษตรกรที่ได้รับการส่งเสริม 60 ราย จำนวน 92 แปลง คิดเป็นร้อยละ 66 ของพื้นที่ที่ไม่เป็นไปตามร่างแผนการใช้ที่ดิน

นอกจากนี้สถาบันได้มีความร่วมมือกับชุมชนบ้านห้วยเป้า และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ ได้แก่ กรมป่าไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช และกรมพัฒนาที่ดิน ตั้งแต่ปี 2550 – 2556 โดยร่วมกันจัดทำกิจกรรมฟื้นฟูอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เพื่อช่วยกันฟื้นฟูอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในบ้านห้วยเป้าให้มีความยั่งยืน ดังนี้ (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 7 ตัวอย่างการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินรายแปลงของเกษตรกรตามร่างแผนการใช้ที่ดิน

(1) การสร้างฝายชะลอน้ำ

มีการทำฝายผสมผสานเพื่อชะลอน้ำและดักตะกอน จำนวน 26 ฝาย เพื่อป้องกันการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้ง รักษาความชุ่มชื้นและดักตะกอนที่ไหลมาตามน้ำไม่ให้ลงไปทับถมบ่อน้ำในไร่นา โดยสร้างเป็นแนวยาวตามลำห้วยโอ่งเปา ห้วยมะม่วง และมีการสร้างฝายกึ่งถาวร จำนวน 3 ฝาย โดยประสานความร่วมมือกับกรมป่าไม้และกรมอุทยานสัตว์ป่าและพันธุ์พืช เพื่อกักเก็บน้ำไว้ใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตรและการอุปโภคบริโภคในช่วงนอกฤดูฝน โดยมีข้อตกลงว่าคนในชุมชนช่วยกันดูแล ซ่อมแซม ปรับปรุงและทำความสะอาดฝายต้นน้ำ อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

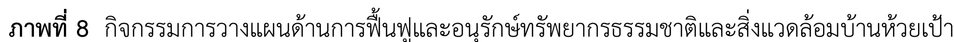
(2) การทำแนวกันไฟ

มีการทำแนวกันไฟรอบแปลงที่ดินทำกินของเกษตรกร พื้นที่แนวกันชน และบริเวณหมู่บ้าน เพื่อป้องกันการเกิดไฟป่า โดยทำในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ - เมษายน ของทุกปี เพื่อป้องกันการเกิดไฟไหม้ป่า

(3) การทำพื้นที่แนวกันชน (Buffer zone)

การกำหนดพื้นที่แนวกันชน ระหว่างแนวเขตพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่ทำกิน (Buffer zone) เพื่อช่วยลดการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ จัดทำข้อตกลงร่วมกันระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและคนในชุมชน สร้างมาตรการป้องกันการบุกรุกทำลายป่าเพิ่มเติม และร่วมกันปลูกต้นไม้เป็นแนวกันชน ระยะแนวกันชนประมาณ 13 กิโลเมตร

(4) การปลูกป่าพื้นฟูระบบนิเวศน์ และดูแลรักษาป่าการปลูกป่าฟื้นฟูระบบนิเวศน์โดยการมีส่วนร่วมระหว่างสถาบัน กรมป่าไม้ กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช และชุมชนบ้านห้วยเป้า ในการปลูกป่าบริเวณพื้นที่ป่าอนุรักษ์ พื้นที่ป่าใช้สอย และพื้นที่แนวกันชน ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2553 – 2556 ในพื้นที่ 1,900 ไร่ นอกจากนี้ ชุมชนได้มีข้อตกลงร่วมกันไม่บุกรุกพื้นที่ป่า ร่วมกันดูแลรักษาป่าที่ปลูก ป้องกันมิให้เกิดไฟป่า รวมทั้งปลูกป่าฟื้นฟูเพิ่มเติม เพื่อให้เป็นแหล่งต้นน้ำลำธารที่สำคัญของชุมชน



ภาพที่ 8 กิจกรรมการวางแผนด้านการฟื้นฟูและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมบ้านห้วยเป้า

ผลจากการประมาณศักยภาพการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ในบ้านห้วยเป้า เพื่อลดการเผาหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่า พื้นที่ปลูกข้าวโพด 1 ไร่ สามารถผลิตปุ๋ยหมักแบบไม่กลับกองได้ประมาณ 1.54 ตัน ซึ่งจากการสำรวจการใช้ประโยชน์ที่ดินรายแปลงบ้านห้วยเป้า ปี พ.ศ. 2556 – 2557 พบว่า มีพื้นที่ปลูกข้าวโพด 359 ไร่ จำนวน 48 แปลง สามารถนำซากข้าวโพดมาทำปุ๋ยหมักได้ จำนวน 552 ตัน ดังภาพที่ 9 ซึ่งการประมาณการศักยภาพการผลิตปุ๋ยหมักต้องมีการศึกษาตำแหน่งที่ตั้งของประปาภูเขาและบ่อกักเก็บน้ำที่ได้มีการส่งเสริมพัฒนาระบบน้ำภายในหมู่บ้านใช้สำหรับการทำปุ๋ยหมัก

แผนที่พื้นที่ปลูกข้าวโพด และศักยภาพการผลิตปุ๋ยหมัก โครงการขยายผลโครงการหลวงลุ่มน้ำปิงตอนบน บ้านห้วยเป้า
บ้านห้วยเป้า หมู่ 1 ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

ภาพที่ 9 การประมาณศักยภาพการผลิตปุ๋ยหมัก ซ้อนทับกับการส่งเสริมและพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็กบ้านห้วยเป้า

5. วิจารณ์ผลและสรุปผล

ผลจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศร่วมกับข้อมูลที่ดินรายแปลงเพื่อการวางแผนพัฒนาอาชีพ และการฟื้นฟูอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมบนพื้นที่สูง พบว่า ชุมชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปใช้ในการสนับสนุนการตัดสินใจและวางแผนการพัฒนาชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ตอบสนองความต้องการของเกษตรกรในชุมชนได้อย่างแท้จริง ชุมชนมีข้อมูลประกอบการตัดสินใจที่ดีขึ้น สามารถระบุพื้นที่ที่ประสบปัญหาได้อย่างตรงจุด ทำให้สถาบันสามารถตั้งเป้าหมายการดำเนินงาน และเข้าไปสนับสนุน ส่งเสริมเกษตรกรในพื้นที่ได้ง่ายขึ้น รวมทั้งพัฒนาบ้านห้วยเป้าให้เป็นพื้นที่ต้นแบบในการพัฒนาชุมชนบนพื้นที่สูงด้วยการมีส่วนร่วมของชุมชนและบูรณาการร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในด้านการส่งเสริมอาชีพ และการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยการปลูกพืชแบบผสมผสานและการลดการใช้สารเคมีตลอดจนขยายผลองค์ความรู้ไปยังพื้นที่สูง อื่น ๆ ซึ่งคล้ายคลึงกับการศึกษาของแพร่พรรณ (2547) ที่ได้มีการนำข้อมูลที่ดินรายแปลงร่วมกับข้อมูลทางด้านกายภาพ และข้อมูลอื่น ๆ เพื่อศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงและความเหมาะสมของการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรของชุมชนบนพื้นที่สูง เพื่อเลือกปลูกพืชให้ตรงตามความเหมาะสมกับศักยภาพของพื้นที่ซึ่งอาจมากกว่า 1 ชนิด เพื่อช่วยอนุรักษ์ดินและน้ำ และมีรายได้จากการทำเกษตรตลอดทั้งปี โดยคำนึงถึงฤดูกาล ตลาด ราคาผลผลิต ที่ทำให้มีรายได้ที่มั่นคงและไม่ขาดทุนจากราคาผลผลิตที่ตกต่ำลง

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 สร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างหน่วยงานที่เข้าพัฒนาในพื้นที่สูง เพื่อให้เห็นประโยชน์ในการนำข้อมูลที่ดินรายแปลงไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนพัฒนาชุมชนในด้านต่างๆ เพิ่มขึ้น รวมถึงการประชาสัมพันธ์ให้ชุมชนบนพื้นที่สูงทราบถึงประโยชน์และยอมรับการนำไปใช้ในการจัดทำแผนพัฒนาชุมชนอย่างต่อเนื่อง

6.2 สถาบันสนับสนุนนโยบายจัดทำแผนชุมชน 1 village 1 plan โดยใช้หลักการนำข้อมูลที่ดินรายแปลงเป็นเครื่องมือประกอบการจัดทำแผนพัฒนาชุมชนร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่สูง โดยใช้แผนชุมชนดังกล่าวในการวางแผนพัฒนาพื้นที่ร่วมกัน

6.3 นอกจากการนำข้อมูลที่ดินรายแปลงไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาอาชีพและการฟื้นฟูอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ยังสามารถนำมาวิเคราะห์ในด้านอื่น ๆ เช่น การวางแผนการผลิตพืช การขนส่ง โลจิสติกส์และการตลาด การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

จันทบูรณ์ สุทธิ. (2539). **การเกษตรแบบตัดโค่นเผาบนพื้นที่สูง**: วิทยาการพื้นบ้าน. เชียงใหม่ :สถาบันวิจัยชาวเขา.

แพร่พรรณ เหมวรรณ. (2547). **รูปแบบการเปลี่ยนแปลง และความเหมาะสมของการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรของชุมชนบนพื้นที่สูง: การศึกษาเปรียบเทียบระหว่างบ้านม้งแม่โถ และบ้านกะเหรี่ยงแม่โถหลวง ตำบลบ่อสลี อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง. (2554). **เกี่ยวกับพื้นที่สูง**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.hrdi.or.th/about_us/page/about (12 กุมภาพันธ์ 2557)

การประเมินคาร์บอนกักเก็บเหนือพื้นดินของยางพารา โดยอาศัยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยแบบจำลองชีวมณฑล CASA

Estimation of Above-ground Carbon Sequestration of Para Rubber Based on Satellite Imageries using CASA-biosphere Model

ชณัฐฎา แสงงาม และ อริศรา เจริญปัญญาเนตร
Chanatda Sangngam and Arisara Charoenpanyanet
ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
โทรศัพท์ 091-8566629 e-mail: Jocho_yam@hotmail.com

บทคัดย่อ

การประเมินคาร์บอนกักเก็บเหนือพื้นดินของยางพาราจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยแบบจำลองชีวมณฑล CASA (Casa-Biosphere Model) มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อจำแนกพื้นที่ปลูกยางพาราตามช่วงอายุด้วยวิธีเชิงวัตถุและ 2) เพื่อประเมินคาร์บอนกักเก็บเหนือพื้นดินของยางพาราโดยอาศัยภาพดาวเทียม วิธีการศึกษาเริ่มจากการจำแนกพื้นที่ปลูกยางพาราตามช่วงชั้นอายุด้วยวิธีการจำแนกเชิงวัตถุ (object based classification) จากภาพดาวเทียม Landsat 8-OLI ปี 2558 ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ช่วงอายุ คือ 7-13 ปี, 14-20 ปี และมากกว่า 20 ปี จากนั้นทำการประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราจากภาพถ่ายดาวเทียมด้วยแบบจำลองชีวมณฑล CASA และทำการปรับเทียบความถูกต้องกับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราจากข้อมูลภาคสนาม โดยใช้สมการแอลโลเมตรี ซึ่งคำนวณจากความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลางของต้นยางพารา ผลการปรับเทียบพบว่า มีค่า R^2 ของยางพาราแต่ละช่วงอายุเท่ากับ 0.7844, 0.7058 และ 0.9897 ตามลำดับ ผลการประเมินพบว่า ยางพาราอายุ 7-13 ปี, 14-20 ปี และมากกว่า 20 ปี มีปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยเท่ากับ 0.3271, 0.3485 และ 0.3195 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตรต่อเดือน ตามลำดับ

คำสำคัญ: การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ยางพารา ภาพดาวเทียม Casa-Biosphere Model การจำแนกเชิงวัตถุ

ABSTRACT

CASA-biosphere model for estimation of above-ground carbon sequestration of para rubber based on satellite imageries has two objectives: 1) to classify para rubber areas as age range by using object based classification and 2) to estimate above-ground carbon sequestration of para rubber based on satellite imageries. Landsat 8 OLI in 2015 was used to classify para rubber areas as age range by using object based classification. The age ranges are divided into three age classes: 7-12 years, 13-20 years and more than 20 years. CASA-biosphere model was selected to estimate above-ground carbon sequestration of para rubber based on satellite imageries. Allometric equations that calculate from height and diameter of para rubber from field survey is the criteria to calibrate above-ground carbon sequestration of para rubber extracted from satellite imageries. Calibration results showed that $R^2$for the age class of para rubber are 0.7844, 0.7058 and 0.9897, respectively. Estimation results found that average above-ground carbon sequestration of para rubber in the age class of 7-12 years, 13-20 years and more than 20 years are 0.3271, 0.3485 and 0.3195 gC/m^2/month respectively.

KEY WORDS: above-ground carbon sequestration, para rubber, satellite imageries, CASA-biosphere model, object-based classification

1. บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) นับเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อประชากรโลก เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซเรือนกระจก ซึ่งมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อน จาก

สถานการณ์และผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ประชากรโลกเผชิญอยู่ในปัจจุบันเป็นแรงผลักดันสำคัญที่ทำให้นานาประเทศหันมาให้ความสำคัญและตระหนักถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นและหาแนวทางร่วมกันในการป้องกันและแก้ไขเพื่อเสริมสร้างศักยภาพในการรองรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ก่อให้เกิดการจัดทำข้อตกลงระหว่างประเทศภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) และพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) ก่อให้เกิดโครงการ REDD+ ขึ้นมา ซึ่งเป็นโครงการที่มีนโยบายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากด้วยการหยุดยั้งการทำลายป่า ฟื้นฟูป่าเสื่อมโทรม ครอบคลุมไปถึงการดำเนินการเกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์ป่า การจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน ตลอดจนการเพิ่มพูนการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าในประเทศกำลังพัฒนาอีกด้วย ซึ่งป่าไม้ถือว่ามีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เนื่องจากสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ โดยการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศมากักเก็บไว้ในส่วนต่างๆ ของต้นไม้ การปลูกป่าจึงเป็นกิจกรรมหนึ่งที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกบนพื้นฐานของความสมัครใจภายใต้โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด ซึ่งส่งเสริมการปลูกป่าในพื้นที่ที่เคยเป็นป่าและไม่เคยเป็นป่ามาก่อน (บัณฑูร เศรษฐศิโรตม์ และคณะ, 2554) อย่างไรก็ตาม การลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยการปลูกต้นไม้ อาจเป็นวิธีที่ต้องใช้ระยะเวลานาน จึงได้มีการสนับสนุนการเพิ่มพื้นที่สีเขียวโดยการปลูกพืชเศรษฐกิจโตเร็ว เช่น ยางพาราและยูคาลิปตัส ซึ่งเป็นพรรณไม้ที่เพาะและขยายพันธุ์ได้ง่าย อัตราการรอดสูง มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรได้เป็นอย่างดี ซึ่งในอดีตประเทศไทยถือว่าเป็นประเทศที่มีทรัพยากรป่าไม้อุดมสมบูรณ์ แต่ในปี 2555 พบว่าพื้นที่ป่าประเทศไทยเหลืออยู่เพียง 171,586 ตารางกิโลเมตรหรือประมาณ ร้อยละ 33 ของพื้นที่ประเทศ (มูลนิธิสืบนาคะเสถียร, 2555) ซึ่งสาเหตุการลดลงของป่าไม้ของประเทศไทยส่วนใหญ่มาจากการบุกรุกพื้นที่ป่าเพื่อการเกษตร จะเห็นได้ว่าพื้นที่ป่าส่วนใหญ่โดยเฉพาะพื้นที่ทางภาคเหนือได้ถูกบุกรุกแผ้วถางเพื่อใช้เป็นพื้นที่ทำกิน สืบเนื่องมาจากการภาครัฐได้เล็งเห็นความสำคัญของการปลูกพืชเศรษฐกิจโตเร็วประเภทยางพารา จึงได้มีนโยบายในการสนับสนุนการขยายพื้นที่ปลูกยางพาราเข้ามาในพื้นที่ภาคเหนืออีกด้วย ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาข้อเท็จจริงดังกล่าวที่ว่า ยางพาราเป็นพืชที่ช่วยกักเก็บคาร์บอนได้ใกล้เคียงป่าธรรมชาติจริงหรือไม่ โดยทำการประเมินการกักเก็บคาร์บอนของยางพาราด้วยแบบจำลองร่วมกับข้อมูลจากการรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing) ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถลดขั้นตอนในการสำรวจ จากเดิมที่เคยประเมินการกักเก็บคาร์บอนของยางพาราจากภาคสนาม ซึ่งบางพื้นที่เป็นพื้นที่ที่ยากต่อการเข้าถึง อีกทั้งยังสิ้นเปลืองงบประมาณ เวลา และบุคลากร หากแบบจำลองที่ใช้ในการประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราจากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลที่ได้รับมีความถูกต้องและสัมพันธ์กับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราจากภาคสนาม และได้ผลลัพธ์ของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราที่ใกล้เคียงกับป่าธรรมชาติ ก็จะถือว่ายางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีศักยภาพในการช่วยเพิ่มปริมาณคาร์บอนได้เป็นอย่างดี อีกทั้งแบบจำลองกับข้อมูลจากการรับรู้จากระยะไกลดังกล่าวจะเป็นเครื่องมือที่มีบทบาทสำคัญที่ช่วยให้หน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องสามารถนำผลการประเมินที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ วางแผน และแก้ไขปัญหาต่างๆ ได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์

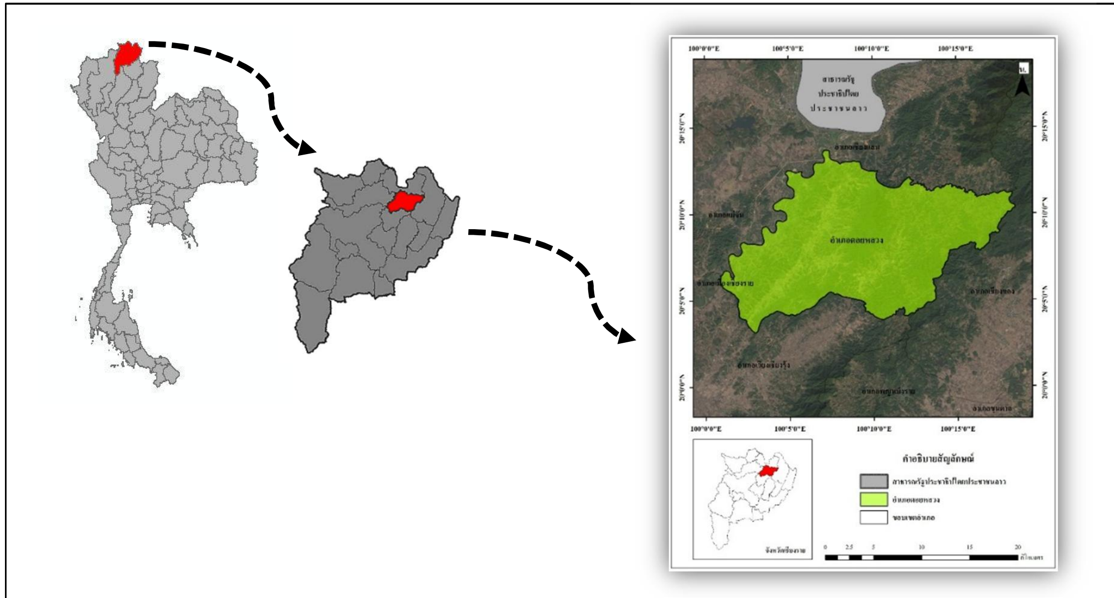
1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่อำเภอดอยหลวง จังหวัดเชียงราย ระหว่างปี 2548 และปี 2558
2. เพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราจากภาพถ่ายดาวเทียมด้วยแบบจำลองชีวมณฑล CASA (Casa-Biosphere Model)

3. วิธีการวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาในครั้งนี้ คือ อำเภอดอยหลวง จังหวัดเชียงราย โดยเหตุผลในการเลือกอำเภอดังกล่าวเป็นพื้นที่ศึกษา เนื่องจากจังหวัดเชียงรายเป็นจังหวัดที่มีการปลูกยางพารามากที่สุดในภาคเหนือของประเทศไทย ประกอบกับมีนโยบายผลักดันให้จังหวัดเชียงรายเป็นศูนย์กลางยางพาราภาคของเหนือ อีกทั้งยังเป็นจุดส่งออกสินค้ายางพาราไปยังประเทศเพื่อนบ้านที่สำคัญ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เจาะจงเลือกพื้นที่อำเภอดอยหลวง เพราะเป็นอำเภอที่มีการปลูกยางพาราหนาแน่นมากเป็นอันดับหนึ่งของจังหวัดเชียงราย โดยมีพื้นที่ปลูกยางพาราทั้งหมด 43,603 ไร่จากพื้นที่ทั้งอำเภอประมาณ 197,756 ไร่ (สำนักกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยางจังหวัดเชียงราย, 2557) มีตำแหน่งทางภูมิศาสตร์อยู่ระหว่างละติจูด 20 องศา 3 ลิปดาเหนือถึง

ละติจูด 20 องศา 14 ลิปดาเหนือและลองจิจูด 100 องศา 0 ลิปดาตะวันออกถึงลองจิจูด 100 องศา 19 ลิปดาตะวันออก (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา

3.2 ข้อมูลและแหล่งข้อมูล

3.2.1 ข้อมูลปฐมภูมิ

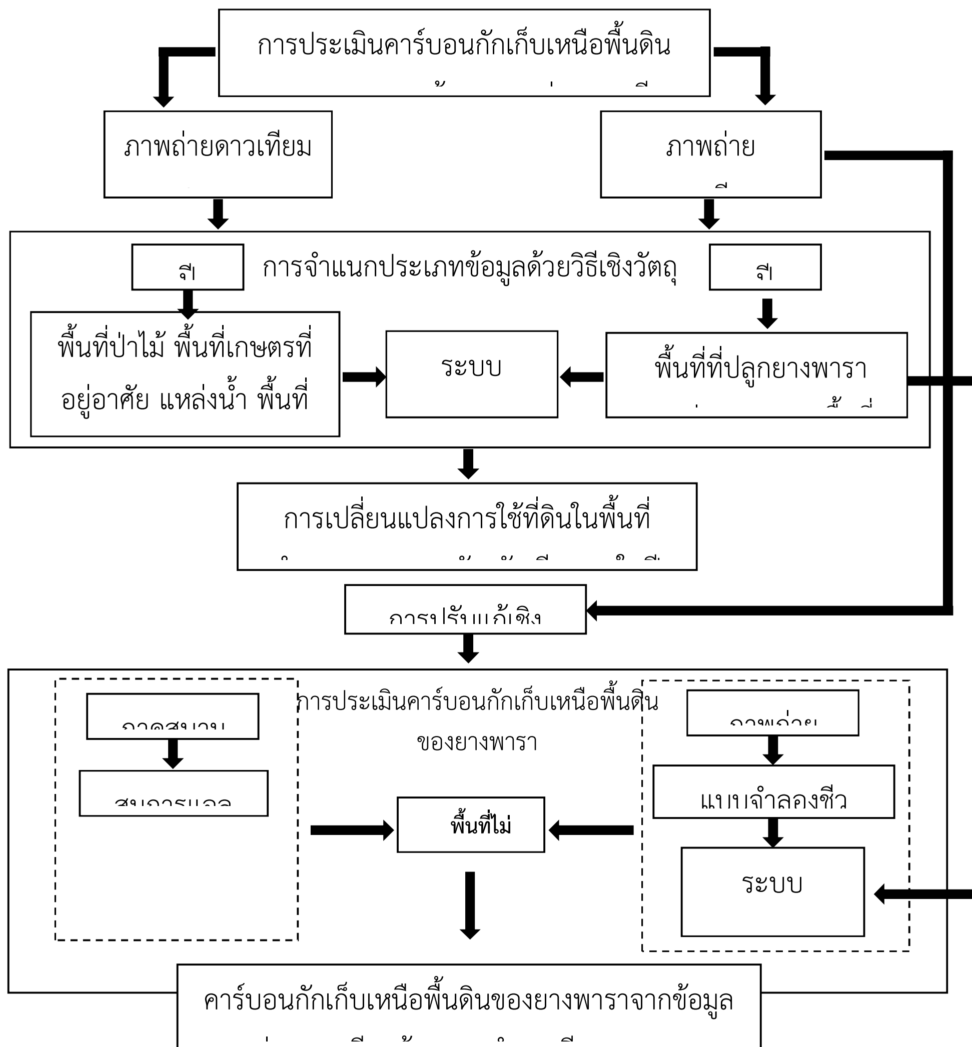
- ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5-TM ปี 2548 และ Landsat 8-OLI ปี 2558 ที่มีรายละเอียดจุดภาพ 30 เมตร ที่ถ่ายภาพในเดือนเมษายนครอบคลุมพื้นที่อำเภอดอยหลวง จังหวัดเชียงราย ซึ่งทำการดาวน์โหลดจากเว็บไซด์ของ USGS (www.glovis.usgs.gov)
- จุดข้อมูลการใช้ที่ดินในปี 2548 ที่ได้จากการออกภาคสนามและสอบถามผู้นำชุมชน รวมถึงประชาชนในพื้นที่ ซึ่งใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำแนกการใช้ที่ดิน ปี 2548
- ข้อมูลจุดยางพารา ความสูง และเส้นรอบวงของต้นยางพาราจากการออกภาคสนามเก็บตัวอย่างแปลงปลูกยางพาราในแต่ละช่วงอายุ ในพื้นที่อำเภอดอยหลวง จังหวัดเชียงราย
- ฐานข้อมูลพื้นที่ปลูกยางพาราตามชั้นอายุที่ได้จากการจำแนกพื้นที่ปลูกยางพาราด้วยวิธีเชิงวัตถุ

3.2.2 ข้อมูลทุติยภูมิ

- การทบทวนงานวิจัย รวมถึงเอกสารวิชาการ คู่มือ สิ่งพิมพ์ และวิทยานิพนธ์ที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกข้อมูลด้วยวิธีการเชิงวัตถุ สมการการประเมินคาร์บอนกักเก็บเหนือพื้นดินของยางพาราจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยแบบจำลองชีวมณฑล CASA และสมการแอลโลเมตรีที่ใช้คำนวณคาร์บอนกักเก็บเหนือพื้นดินของยางพาราจากข้อมูลภาคสนาม

3.3 ขั้นตอนการศึกษา

ในการประเมินคาร์บอนกักเก็บเหนือพื้นดินของยางพาราจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยแบบจำลองชีวมณฑล CASA ในพื้นที่อำเภอดอยหลวง จังหวัดเชียงราย มีขอบเขตการศึกษา (รูปที่ 2) สรุปได้ดังนี้



รูปที่ 2 ขั้นตอนการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษาเริ่มจากการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินใน 2 ช่วงเวลา คือ ก่อนที่จะมีการส่งเสริมการปลูกยางพาราในปี 2548 และหลังจากที่มีการส่งเสริมการปลูกยางพาราแล้วในปี 2558 ด้วยวิธีการจำแนกเชิงวัตถุ (Object-based classification) ซึ่งในการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินในปี 2548 จะใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5-TM เพื่อจำแนกประเภทการใช้ที่ดิน 6 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตร ที่อยู่อาศัย แหล่งน้ำ พื้นที่อื่นๆ และพื้นที่ปลูกยางพารา ส่วนในปี 2558 ใช้ภาพดาวถ่ายเทียม Landsat 8-OLI เพื่อจำแนกประเภทการใช้ที่ดิน 4 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ปลูกยางพาราอายุ 7-13 ปี พื้นที่ที่ปลูกยางพาราอายุ 14-20 ปี พื้นที่ที่ปลูกยางพาราอายุมากกว่า 20 ปีขึ้นไป และพื้นที่อื่นๆ เพื่อทำการศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน 10 ปีย้อนหลังก่อนที่จะมีการปลูกยางพารา จากนั้นทำการประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8-OLI ด้วยแบบจำลองชีวมณฑล CASA ซึ่งอาศัยฐานข้อมูลพื้นที่ปลูกยางตามชั้นอายุร่วมกับโปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ เพื่อให้ได้มาซึ่งปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราจากภาพถ่ายดาวเทียมและคำนวณหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราที่ได้จากข้อมูลการสำรวจภาคสนาม (ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับอกและความสูงของต้นยางพารา) ในตำแหน่งเดียวกัน โดยทำการสุ่มตัวอย่างของต้นยางพาราในแปลงทดสอบ จากนั้นนำค่าความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับอกและความสูงของต้นยางพาราที่วัดได้เข้าสู่สมการแอลโลเมตรี หลังจากที่ได้ทำการประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือ

พื้นดินของยางพาราจากภาพถ่ายดาวเทียมและจากภาคสนามแล้วนำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาตรวจสอบความถูกต้องและหาความสัมพันธ์กับข้อมูลปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราที่ได้จากภาคสนามในตำแหน่งเดียวกันว่ามีความถูกต้องและสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร

3.3.1 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่อำเภอดอยหลวง จังหวัดเชียงราย ระหว่างปี 2548 และ ปี 2558

ในการศึกษาครั้งนี้ ทำการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินด้วยวิธีเชิงวัตถุ เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่อำเภอดอยหลวง จังหวัดเชียงรายใน 2 ช่วงเวลา คือ ในปี 2548 ก่อนที่จะมีการส่งเสริมการปลูกยางพาราจากภาครัฐและในปี 2558 หลังจากการส่งเสริมการปลูกยางพาราแล้ว โดยใช้โปรแกรม eCognition Developer 7.0 ในการจำแนก ซึ่งประกอบด้วย 7 ขั้นตอน คือ (1) การเตรียมข้อมูลภาพดาวเทียม (2) การนำเข้าข้อมูลภาพ (3) การสร้างวัตถุภาพ (4) การสร้างชั้นข้อมูล (5) การสร้างพื้นที่ตัวอย่าง (6) การจำแนกข้อมูลและ (7) การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.3.1.1 การเตรียมข้อมูลภาพดาวเทียม นำข้อมูลภาพดาวเทียมระวาง 13046 ที่ทำการดาวน์โหลดจากเว็บไซด์ของ USGS มาทำการรวมแบนด์ภาพดาวเทียม ซึ่งทำการรวมแบนด์ข้อมูลภาพดาวเทียม Landsat 5-TM จำนวน 6 แบนด์ด้วยกัน ได้แก่ แบนด์ 1, 2, 3, 4, 5 และ 7 ส่วนข้อมูลภาพดาวเทียม Landsat 8-OLI จำนวน 6 แบนด์ ได้แก่ แบนด์ 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 จากนั้นทำการตัดภาพตามขอบเขตพื้นที่ศึกษา เพื่อลดระยะเวลาในขั้นตอนของการประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียม

3.3.1.2 การนำเข้าข้อมูลภาพ ทำการนำเข้าข้อมูลภาพดาวเทียมที่ผ่านการรวมแบนด์และตัดขอบเขตตามพื้นที่ศึกษาแล้วดังที่กล่าวไปข้างต้น โดยข้อมูลภาพดาวเทียม Landsat 5-TM ใช้ภาพผสมสีเท็จ R: 5, G: 6, B: 7 ในการแสดงผล ส่วนการนำเข้าข้อมูลภาพดาวเทียม Landsat 8-OLI ใช้ภาพผสมสีเท็จ R: 5, G: 6, B: 7 ในการแสดงผล

3.3.1.3 การสร้างวัตถุภาพ ทำการสร้างวัตถุภาพด้วยวิธี Multiresolution Segmentation ซึ่งเป็นวิธีการแบ่งส่วนภาพ (segmentation) ที่รวมเอาจุดภาพที่มีลักษณะใกล้เคียงกันและอยู่ติดกันเข้าด้วยกันเป็นวัตถุภาพ โดยวิธีนี้สามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ รูปร่าง สี การเกาะกลุ่ม และความเรียบได้ตามความต้องการ ซึ่งสามารถสร้างขนาดของวัตถุได้หลายขนาดตามค่าพารามิเตอร์มาตราส่วน (scale parameter) ที่กำหนดและมีขนาดใกล้เคียงกับสภาพที่เป็นจริงมากกว่า ในการสร้างวัตถุภาพต้องทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์มาตราส่วน เพื่อกำหนดขนาดของวัตถุภาพ ซึ่งสามารถกำหนดค่าให้เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษา โดยมีค่าระหว่าง 0-1,000,000 และทำการกำหนดค่า Composition of Homogeneity Criterion เป็นการกำหนดค่าคุณลักษณะของรูปร่าง (Shape) สี (Color) ความอัดแน่น (Compactness) และความราบเรียบ (Smoothness) โดยค่า Shape จะแปรผกผันกับค่า Color และค่า Compactness จะแปรผกผันกับค่า Smoothness โดยทั้ง 2 ค่า มีค่าระหว่าง 0-1 โดยในการแบ่งส่วนภาพในการศึกษาครั้งนี้ให้ความสำคัญกับค่า Color มากกว่าค่า Shape และให้ความสำคัญกับค่า Compactness และ Smoothness ในปริมาณเท่าๆ กัน ทั้งปี 2548 และปี 2558 แต่การกำหนดค่า Scale Parameter ของภาพถ่ายดาวเทียมของ 2 ปีมีความแตกต่างกัน เนื่องจากข้อมูลภาพในปี 2548 จะทำการแบ่งส่วนภาพเพียงหนึ่งระดับ (level) เท่านั้น ส่วนข้อมูลภาพในปี 2558 จะทำการแบ่งส่วนภาพในสองระดับ (level) ซึ่งจากการทดสอบค่า Scale Parameter, Shape และ Compactness พบว่า ค่าที่เหมาะสมกับการแบ่งส่วนภาพของภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5-TM เท่ากับ 10, 0.1 และ 0.5 ส่วนภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8-OLI ในระดับที่หนึ่ง เท่ากับ 120, 0.1 และ 0.5 ในระดับที่สองเท่ากับ 80, 0.1 และ 0.5 ตามลำดับ (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 แสดงการแบ่งส่วนภาพของภาพถ่ายดาวเทียม (1) การแบ่งส่วนภาพในระดับที่หนึ่งของปี 2548 (2) การแบ่งส่วนภาพในระดับที่หนึ่งของปี 2558 และ 3) การแบ่งส่วนภาพในระดับที่สองปี 2558

3.3.1.4 การสร้างชั้นข้อมูล ในขั้นตอนของการสร้างชั้นข้อมูลนั้นในปี 2548 ซึ่งเป็นการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินที่ประกอบด้วย พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตร ที่อยู่อาศัย แหล่งน้ำ พื้นที่อื่นๆ พื้นที่ปลูกยางพารา เมฆ และเงา จะทำการสร้างชั้นข้อมูลเพียงระดับเดียว ส่วนปี 2558 ซึ่งเป็นการจำแนกพื้นที่ปลูกยางพาราตามช่วงอายุ จะทำการสร้างชั้นข้อมูลทั้งหมด 2 ระดับ ในระดับชั้นข้อมูลที่ 1 ประกอบด้วย พื้นที่ปลูกยางพารา และพื้นที่อื่นๆ ส่วนชั้นข้อมูลในระดับที่ 2 ประกอบด้วย พื้นที่ที่ปลูกยางพาราชั้นอายุ 7-13 ปี ชั้นอายุ 14-20 ปี และชั้นอายุมากกว่า 20 ปี และพื้นที่อื่นๆ
3.3.1.5 การสร้างพื้นที่ตัวอย่างในการสร้างพื้นที่ตัวอย่างของภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5-TM ปี 2548 อาศัยพื้นที่ตัวอย่างจากการแปลตีความภาพด้วยสายตา ส่วนการสร้างพื้นที่ตัวอย่างภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8-OLI ปี 2558 อาศัยการสร้างพื้นที่ตัวอย่างจากข้อมูลการสำรวจพื้นที่ปลูกยางพาราตามชั้นอายุ ในพื้นที่อำเภอดอยหลวง จังหวัดเชียงราย
3.3.1.6 การจำแนกข้อมูล ในการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินจากข้อมูลวัตถุภาพในปี 2548 และ 2558 ใช้วิธีการแบบ Nearest Neighboring classification ในปี 2548 การใช้ที่ดินประกอบด้วย พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตร ที่อยู่อาศัย แหล่งน้ำ พื้นที่อื่นๆ และพื้นที่ปลูกยางพารา ในขณะที่ ปี 2558 การใช้ที่ดินประกอบด้วย พื้นที่ที่ปลูกยางพาราชั้นอายุ 7-13 ปี, 14-20 ปี และ มากกว่า 20 ปี และพื้นที่อื่นๆ
3.3.1.7 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ข้อมูลจากภาพปี 2548 ทำการตรวจสอบความถูกต้องโดยการลงพื้นที่สอบถามผู้นำชุมชนและประชาชนในพื้นที่ศึกษา รวมทั้ง การพิจารณาจากภาพถ่ายดาวเทียมย้อนหลัง ส่วนข้อมูลภาพปี 2558 ทำการตรวจสอบความถูกต้องโดยการออกสำรวจภาคสนาม เพื่อพื้นที่เก็บข้อมูลตำแหน่งพื้นที่ปลูกยางพาราในแต่ละชั้นอายุ โดยใช้เครื่องมือ GPS
ภายหลังจากการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินในปี 2548 และปี 2558 แล้ว ทำการวิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่อำเภอดอยหลวง จังหวัดเชียงรายระหว่างปี 2548 และปี 2558 ด้วยโปรแกรมทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์

3.3.2 การประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพารา

3.3.2.1 การประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราจากภาพถ่ายดาวเทียมด้วยแบบจำลองชีวมณฑล CASA

ในการประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8-OLI ในปี 2558 ข้อมูลภาพต้องผ่านการปรับแก้เชิงบรรยากาศก่อน เพื่อขจัดความผิดเพี้ยนเนื่องจากตัวแปรทางบรรยากาศ ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้แบบจำลองชีวมณฑล CASA ของ Potter et al. (1993) ซึ่งเป็นแบบจำลองสำหรับประเมินปริมาณมวลชีวภาพ (biomass) จากภาพถ่ายดาวเทียม ที่สร้างขึ้นมาเพื่อจำลองรูปแบบการตรึงคาร์บอนหรือการผลิตชีวมวลรายเดือนของพืช โดยการคำนวณจากค่ารังสีดวงอาทิตย์ ค่าดัชนีพืชพรรณ ค่าคงที่ของประสิทธิภาพการใช้แสง ค่าอุณหภูมิ และความชื้น ซึ่งมีสมการดังนี้

$$NPP_{(x,t)} = S_{(x,t)} \cdot FPAR_{(x,t)} \cdot \varepsilon^* \cdot T_{(x,t)} \cdot W_{(x,t)}$$

NPP = อัตราส่วนสุทธิของคาร์บอนที่เหลือจากการหายใจและการสังเคราะห์แสงของพืช เป็นค่าที่แสดงถึงการกักเก็บคาร์บอนสุทธิไว้ในลำต้น ใบ และราก ของพืช (gC/m^2/month)
S(x,t) = ค่ารังสีดวงอาทิตย์ (MJ/m^2/month)
FPAR(x,t) = สัดส่วนของรังสีที่ใช้ในการสังเคราะห์แสงของพืชที่ส่วนเรือนยอดของพืชสามารถดูดกลืนเอาไว้ได้
ε^* = ค่าคงที่ของประสิทธิภาพการใช้แสงเท่ากับ 0.389 gC MJ-1PAR
T(x,t) = ค่าอุณหภูมิ(เซลเซียส) มีค่าเท่ากับ 0-1
W(x,t) = ค่าความชื้นในดิน

โดยค่า FPAR, T และค่า W เป็นค่าที่คำนวณที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม ค่า S คือ ค่ารังสีดวงอาทิตย์ที่ได้จากสถานีวัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ส่วนค่า ε^* คือ ค่าคงที่ของประสิทธิภาพการใช้แสง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.389 gC MJ-1PAR

3.3.2.2 การประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราจากภาคสนาม

ในการประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราจากข้อมูลภาคสนามจะใช้สมการ แอลโลเมตรีของ Ogino et al. (1967) อ้างอิงใน Saengruksawong et al. (2012) ซึ่งเป็นสมการที่ใช้หาค่าชีวมวลของป่าเต็งรัง และเนื่องจากงานวิจัยชิ้นนี้ ทำการประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราบริเวณเรือนยอดเท่านั้น ในคำนวณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราจากข้อมูลภาคสนามจึงคำนวณค่าคาร์บอนกักเก็บเหนือพื้นดินของยางพาราในส่วนของใบ โดยมีสมการดังนี้

W_S (ลำต้น) = 189 $(D2H)^{0.902}$
W_B (กิ่ง, ก้าน) = 0.125 $Ws^{1.024}$
1/WL (ใบ) = $(1/Ws^{0.9})$ + 0.172

ซึ่ง W = ค่าชีวมวล (กิโลกรัมต่อเฮกแตร์)
D = เส้นผ่าศูนย์กลางเหนือพื้นดินที่ความสูง 1.3 เมตร
H = ความสูงของต้นไม้ (เมตร)

ในการคำนวณหาปริมาณกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราจากภาคสนาม ซึ่งต้องวัดความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับอกและความสูงของต้นยางพารานั้น ผู้วิจัยได้ทำการสุ่มตัวอย่างแปลงปลูกยางพาราในแต่ละชั้นอายุ เพื่อใช้เป็นตัวแทนในการคำนวณหาปริมาณกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราในแต่ละช่วงอายุ ที่ประกอบด้วย พื้นที่ที่ปลูกยางพาราชั้นอายุ 7-13 ปี 14-20 ปี และมากกว่า 21 ปีขึ้นไป ซึ่งทำการสุ่มวัดต้นยางพาราประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์เพื่อเป็นตัวแทนของต้นยางพาราทั้งหมดใน 1 ไร่ สำหรับระยะห่างในการปลูกต้นยางพาราในพื้นที่อำเภอดอยหลวงส่วนใหญ่มีขนาด 3×7 เมตร ซึ่งระยะห่าง 3×7 เมตร สามารถปลูกต้นยางพาราได้ประมาณ 76 ต้นต่อไร่ ในบางแปลงมีระยะห่าง 3×8 เมตร ซึ่งระยะห่าง 3×8 เมตร สามารถปลูกต้นยางพาราได้ประมาณ 80 ต้นต่อไร่ ผู้วิจัยจึงทำการเลือกสุ่มตัวอย่างต้นยางพาราจำนวน 25 ต้นต่อไร่ เพื่อเป็นตัวแทนของต้นยางพาราทั้งหมด โดยทำการวัดเส้นรอบวงของต้นยางพาราที่ความสูง 1.3 เมตรจากพื้น โดยใช้สายวัดระยะทาง เพื่อนำเส้นรอบวงของต้นยางพาราที่วัดได้มาคำนวณหาเส้นผ่าศูนย์กลางต่อไป ส่วนการวัดความสูงของต้นยางพาราทำการวัดโดยใช้เครื่องมือวัดระยะทางด้วยเลเซอร์แบบดิจิตอล ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนในการวัดอยู่ที่ ±1.5 มิลลิเมตร (±1/16 นิ้ว) ซึ่งถือว่าเป็นเครื่องมือวัดทางอ้อมที่ให้ค่าความถูกต้องสูง จำนวนแปลงตัวอย่างในการสำรวจภาคสนามในแต่ละชั้นอายุสรุปได้ดังนี้

ชั้นอายุ 7-13 ปี มีจำนวน 7 แปลง ซึ่งประกอบด้วยแปลงปลูกยางพาราที่มีอายุ 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 ปี ตามลำดับ ซึ่งเป็นแปลงตัวอย่างที่ครบครบทุกอายุ

ชั้นอายุ 14-20 ปี มีจำนวน 7 แปลง ประกอบด้วย แปลงปลูกยางพาราอายุ 14 ปี จำนวน 2 แปลง อายุ 15 ปี จำนวน 2 แปลง อายุ 16 ปี จำนวน 2 แปลง และอายุ 17 ปี จำนวน 1 แปลง เนื่องจากในพื้นที่อำเภอดอยหลวงมีแปลงปลูกยางพาราในชั้นอายุนี้มีอายุมากที่สุดคือ 17 ปีเท่านั้น

ชั้นอายุมากกว่า 20 ปีขึ้นไป มีจำนวน 3 แปลง เนื่องจากในพื้นที่อำเภอดอยหลวงมีแปลงปลูกยางพาราในช่วงอายุนี้มีอายุมากที่สุด คือ อายุ 26 ปี เพียงอายุเดียวเท่านั้น

หลังจากที่ได้ทำการประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราจากภาพถ่ายดาวเทียมด้วยแบบจำลองชีวมณฑล CASA และจากข้อมูลภาคสนามแล้ว จะวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราจากจากสองวิธีว่ามีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรงมากน้อยอย่างไร และเลือกใช้สมการที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สูงสุดเพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราจากภาพถ่ายดาวเทียมด้วยแบบจำลองชีวมณฑล CASA

4. ผลการวิจัย

ในการประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราจากภาพถ่ายดาวเทียมด้วยแบบจำลองชีวมณฑล CASA สามารถแบ่งผลการศึกษาออกเป็น 2 หัวข้อหลักๆ ด้วยกันดังนี้

4.1 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่อำเภอดอยหลวง จังหวัดเชียงรายในปี 2548 และปี 2558

ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่อำเภอดอยหลวง จังหวัดเชียงราย ได้ทำการจำแนกการใช้ที่ดินด้วยวิธีการเชิงวัตถุ โดยในปี 2548 นั้น ทำการจำแนกโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5-TM ซึ่งจำแนกประเภทการใช้ที่ดินออกเป็น 6 ประเภท ประกอบด้วย พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตร ที่อยู่อาศัย แหล่งน้ำ พื้นที่อื่นๆ และพื้นที่ปลูกยางพารา พบว่า พื้นที่อำเภอดอยหลวง จังหวัดเชียงราย มีพื้นที่ทั้งหมด 316.41 ตารางกิโลเมตรหรือ 197,754.75 ไร่ โดยพื้นที่เกษตรมีพื้นที่มากที่สุด คือ 193.69 ตารางกิโลเมตรหรือ 121,056.19 ไร่คิดเป็นร้อยละ 61.22 ของพื้นที่ศึกษา และพบกระจายอยู่ทั่วพื้นที่ แต่จะพบมากทางด้านตะวันออกของพื้นที่ ในบริเวณตำบลหนองป่าก่อและตำบลปงน้อย รองลงมาเป็นพื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่ 108.57 ตารางกิโลเมตรหรือ 67,855.50 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 34.31 ของพื้นที่ศึกษา และพบมากทางตอนกลางและทางด้านตะวันออกของพื้นที่ ในบริเวณตำบลโชคชัย พื้นที่อื่นๆ มีทั้งหมด 6.35 ตารางกิโลเมตรหรือ 3,971.25 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.01 ของพื้นที่ศึกษา และพบกระจายตัวอยู่ในบางพื้นที่ ที่อยู่อาศัยมีทั้งหมด 4.31 ตารางกิโลเมตรหรือ 2,693.25 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.36 ของพื้นที่ศึกษา และ พบกระจุกตัวอยู่ตามแอ่งที่ราบ พื้นที่แหล่งน้ำมีทั้งหมด 2.54 ตารางกิโลเมตรหรือ 1,585.13 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.8 ของพื้นที่ศึกษา และพบกระจายตัวอยู่ทางชายขอบด้านตะวันตกของพื้นที่ และพื้นที่ปลูกยางพารามีทั้งหมด 0.02 ตารางกิโลเมตรหรือ 14.06 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.01 ของพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ ส่วนที่เหลือเป็นเมฆและเงามีพื้นที่รวมกันทั้งหมด 0.93 ตารางกิโลเมตรหรือ 579.38 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.29 ของพื้นที่ศึกษา (ตารางที่ 1)

ส่วนการจำแนกพื้นที่ปลูกยางพาราตามช่วงอายุในปี 2558 ใช้ภาพดาวถ่ายเทียม Landsat 8-OLI ในการจำแนกซึ่งทำการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินออกเป็น 4 ประเภทด้วยกัน คือ พื้นที่ปลูกยางพาราอายุ 7-13 ปี พื้นที่ที่ปลูกยางพาราอายุ 14-20 ปี พื้นที่ที่ปลูกยางพาราอายุมากกว่า 20 ปีขึ้นไป และพื้นที่อื่นๆ ซึ่งผลการจำแนกพบว่า พื้นที่อำเภอดอยหลวง จังหวัดเชียงราย มีพื้นที่ปลูกยางพาราทั้งหมด 40.17 ตารางกิโลเมตรหรือ 25,107.75 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 12.70 ของพื้นที่ศึกษา และพบกระจายตัวอยู่ทั่วพื้นที่ โดยตำบลที่มีพื้นที่ปลูกยางพารามากที่สุด คือ ตำบลโชคชัย ตำบลปงน้อย และตำบลหนองป่าก่อ โดยมีพื้นที่ปลูกยางพาราทุกชั้นอายุทั้งหมด 18.53, 12.76 และ 8.84 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ และพื้นที่ปลูกยางพาราที่จำแนกตามชั้นอายุประกอบด้วย 7-13 ปี 14-20 ปี และมากกว่า 20 ปี มีพื้นที่ทั้งหมด 29.40, 10.76 และ 0.01 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 73.19, 26.78 และ 0.03 ของพื้นที่ปลูกยางพาราทั้งหมด ตามลำดับ ในพื้นที่ตำบลโชคชัยมีพื้นที่ปลูกยางพาราอายุ 7-13 ปีทั้งหมด 14.05 ตารางกิโลเมตรหรือประมาณ 8,783.44 ไร่ พื้นที่ปลูกยางพาราอายุ 14-20 ปีทั้งหมด 4.47 ตารางกิโลเมตรหรือประมาณ 2,796.75 ไร่ ส่วนในพื้นที่ตำบลปงน้อยมีพื้นที่ปลูกยางพาราอายุ 7-13 ปีทั้งหมด 8.52 ตารางกิโลเมตรหรือประมาณ 5.33 ไร่ พื้นที่ปลูกยางพาราอายุ 14-20 ปีทั้งหมด 4.24 ตารางกิโลเมตรหรือประมาณ 2,649.38 ไร่ และในพื้นที่ตำบลหนองป่าก่อมีพื้นที่ปลูกยางพาราอายุ 7-13 ปีทั้งหมด 6.80 ตารางกิโลเมตรหรือประมาณ 4,246.88 ไร่ พื้นที่ปลูกยางพาราอายุ 14-20 ปีทั้งหมด 2.03 ตารางกิโลเมตรหรือประมาณ 1,270.69 ไร่ และพื้นที่ปลูกยางพาราอายุมากกว่า 20 ปีทั้งหมด 0.01 ตารางกิโลเมตรหรือประมาณ 6.75 ไร่

จากการตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำแนกจากจุดตรวจสอบความถูกต้องจากภาคสนามของการจำแนกทั้ง 2 ปี พบว่าโดยรวมผลการจำแนกมีความถูกต้องตรงตามจุดตรวจสอบความถูกต้องจากภาคสนามร้อยละ 100 แต่อย่างไรก็ตาม ผลการตรวจสอบความถูกต้องนี้เป็นเพียงการตรวจสอบความถูกต้องจากจุดตัวอย่างที่ทำการออกภาคสนามเท่านั้น ซึ่งผลการจำแนกในบริเวณอื่นที่ไม่ได้ตรวจสอบจากจุดตัวอย่างที่ทำการออกภาคสนาม อาจจะมีความคลาดเคลื่อนของผลการจำแนก เช่น พื้นที่โดยรอบของบางพื้นที่อาจถูกจำแนกออกไปเป็นการใช้ที่ดินประเภทอื่น หรือพื้นที่ที่อยู่นอกเหนือจากจุดตรวจสอบความถูกต้องอาจจะมีความผิดพลาดในการจำแนกได้ (ตารางที่ 2)

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากการวิเคราะห์ผลการจำแนกในปี 2548 และปี 2558 โดยใช้โปรแกรมทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์พบว่า พื้นที่อำเภอดอยหลวงมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากเดิมที่เป็นการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่เกษตรมาเป็นพื้นที่ปลูกยางพารามากที่สุดจำนวน 35.32 ตารางกิโลเมตรหรือ 22,076.44 ไร่ รองลงมาเป็นการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่ป่าไม้จำนวน 2.72 ตารางกิโลเมตรหรือ 1,702.13 ไร่ และการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่อื่นๆ เช่น พื้นที่รกร้างว่างเปล่าจำนวน 2.08 ตารางกิโลเมตรหรือ 1,299.38 ไร่ ตามลำดับ ส่วนที่เหลือเป็นการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากพื้นที่ปลูกยางพาราเดิมจำนวน 0.02 ตารางกิโลเมตรหรือ 10.69 ไร่ ประเภทที่อยู่อาศัยมาเป็นพื้นที่ปลูกยางพาราจำนวน 0.01 ตารางกิโลเมตรหรือประมาณ5.63 ไร่ และประเภทแหล่งน้ำมาเป็นพื้นที่ปลูกยางพาราประมาณ 2.81ไร่ตามลำดับ ส่วนที่เหลือเป็นพื้นที่ปลูกยางพาราที่ซ้อนทับกับเมฆและเงา (ตารางที่ 3 และ รูปที่ 4)

ตารางที่ 1 ผลการจำแนกการใช้ที่ดินปี 2548 ของพื้นที่อำเภอดอยหลวง จังหวัดเชียงราย

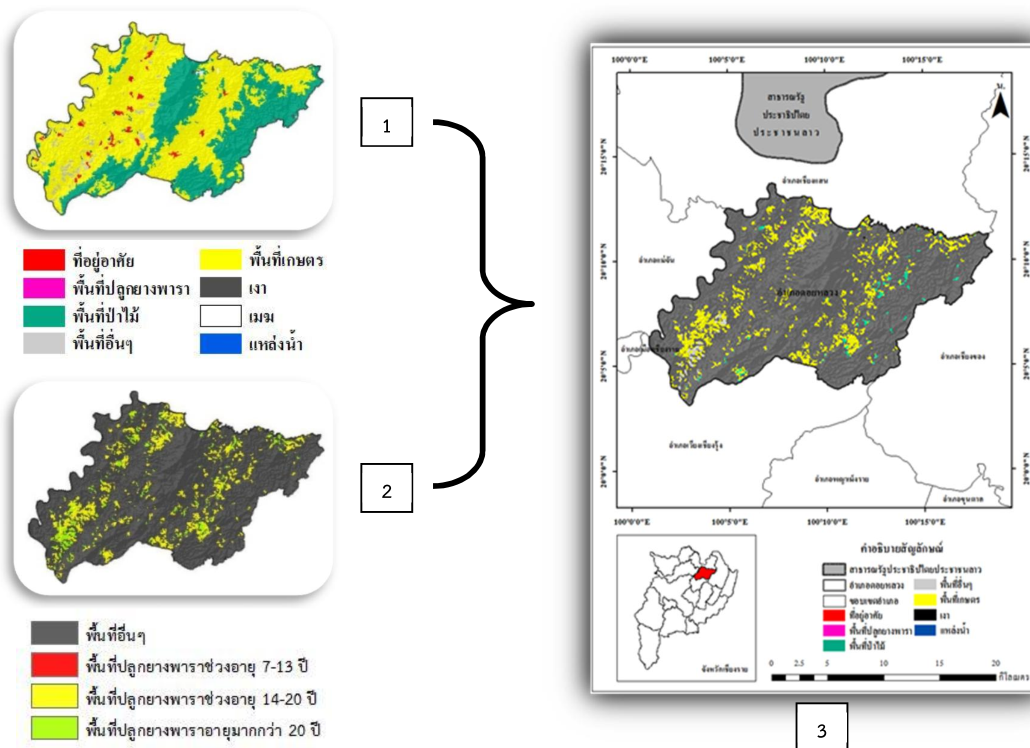
ลำดับ	ประเภทการใช้ที่ดิน	พื้นที่		
		ตารางกิโลเมตร	ไร่	ร้อยละ
1	พื้นที่เกษตร	193.69	121,056.19	61.22
2	พื้นที่ป่าไม้	108.57	67,855.50	34.31
3	พื้นที่อื่นๆ	6.35	3,971.25	2.01
4	ที่อยู่อาศัย	4.31	2,693.25	1.36
5	แหล่งน้ำ	2.54	1,585.13	0.80
6	เมฆ	0.47	293.06	0.15
7	เงา	0.46	286.31	0.14
8	พื้นที่ปลูกยางพารา	0.02	14.06	0.01
รวม		316.41	197,754.75	100.00

ตารางที่ 2 ผลการจำแนกพื้นที่ปลูกยางพาราตามช่วงอายุปี 2558 ของพื้นที่อำเภอดอยหลวง จังหวัดเชียงราย

ลำดับ	พื้นที่ปลูกยางพารา ตามช่วงอายุ(ปี)	พื้นที่		
		ตารางกิโลเมตร	ไร่	ร้อยละ
1	7-13	29.40	18,377.44	73.19
2	14-20	10.76	6,723.56	26.78
3	มากกว่า 20	0.01	6.75	0.03
รวม		40.17	25,107.75	100.00

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่อำเภอดอยหลวง จังหวัดเชียงราย ระหว่างปี 2548 และปี 2558

ลำดับ	ประเภทการใช้ที่ดิน	การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินมาเป็นพื้นที่ปลูกยางพารา		
		ตารางกิโลเมตร	ไร่	ร้อยละ
1	พื้นที่เกษตร	35.32	22,076.44	87.93
2	พื้นที่ป่าไม้	2.72	1,702.13	6.78
3	พื้นที่อื่นๆ	2.08	1,299.38	5.18
4	พื้นที่ปลูกยางพารา	0.02	10.69	0.04
5	เงา	0.02	10.69	0.04
6	ที่อยู่อาศัย	0.01	5.63	0.02
7	แหล่งน้ำ	0.00	2.81	0.01
8	เมฆ	0.00	0.00	0.00
รวม		40.17	25,107.75	100.00



รูปที่ 4 แสดงผลการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินในพื้นที่อำเภอดอยหลวง
1) ประเภทการใช้ที่ดินปี 2548 2) พื้นที่ปลูกยางพาราตามช่วงชั้นอายุปี 2558
และ 3)การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่อำเภอดอยหลวง จังหวัดเชียงรายในปี 2548 และปี 2558

4.2 การประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราจากภาพถ่ายดาวเทียมด้วยแบบจำลองชีวมณฑล CASA (Casa-Biosphere Model)

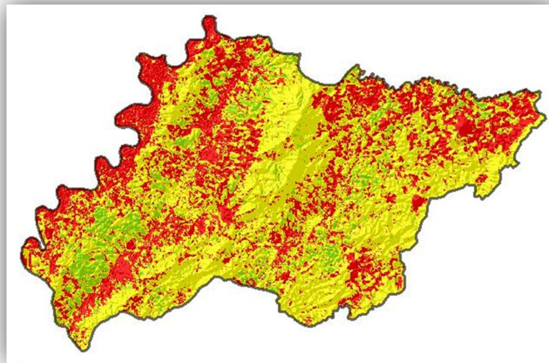
จากการประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากภาพถ่ายดาวเทียมด้วยแบบจำลองชีวมณฑล CASA โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8-OLI พบว่า ในพื้นที่อำเภอดอยหลวงมีค่าคาร์บอนสุทธิ (NPP) เฉลี่ยเท่ากับ 0.2288 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตรต่อเดือนโดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.8052 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตรต่อเดือนและต่ำสุดเท่ากับ -0.2123 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตรต่อเดือนซึ่งสามารถแบ่งความอุดมสมบูรณ์ของค่าคาร์บอนสุทธิในพื้นที่อำเภอดอยหลวงออกได้ 4 ระดับ ประกอบด้วย

(1) พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์มากที่สุด มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.8052 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตรต่อเดือนและต่ำสุดเท่ากับ 0.8052 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตรต่อเดือน

(2) พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์มากมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.3911 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตรต่อเดือนและต่ำสุดเท่ากับ0.2018 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตรต่อเดือน

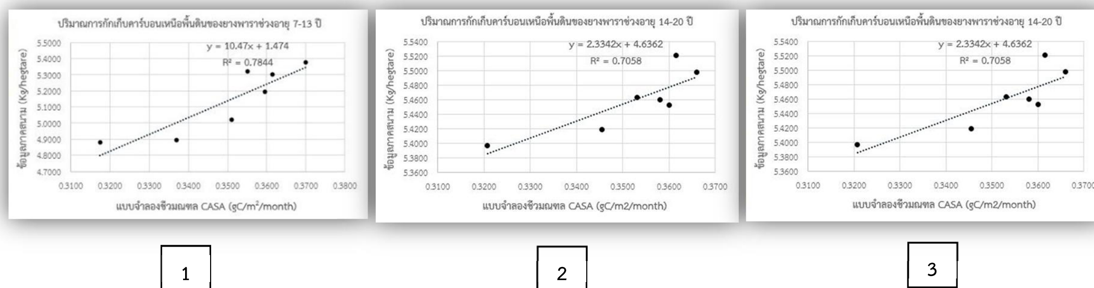
(3) พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.1999 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตรต่อเดือนและต่ำสุดเท่ากับ 0.3400 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตรต่อเดือนและ

(4) พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์น้อยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.2000 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตรต่อเดือนและต่ำสุดเท่ากับ-0.2123 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตรต่อเดือน (รูปที่ 5)



พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์น้อย
พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง
พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์มาก
พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์มากที่สุด

รูปที่ 5 แสดงความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่อำเภอดอยหลวง จังหวัดเชียงราย



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราจากแบบจำลองชีวมณฑล CASA และจากข้อมูลภาคสนามของยางพาราในแต่ละชั้นอายุ 1)7-13 ปี, 2)14-20 ปี และ 3)มากกว่า 20 ปี

จากฐานข้อมูลการจำแนกพื้นที่ปลูกยางพาราในวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เมื่อนำมาประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราจากภาพถ่ายดาวเทียมด้วยแบบจำลองชีวมณฑล CASA โดยใช้โปรแกรมทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ พบว่า พื้นที่อำเภอดอยหลวงมีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราเฉลี่ยเท่ากับ 0.3358 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตรต่อเดือน และค่าเฉลี่ยของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราตามชั้นอายุ คือ พื้นที่ที่ปลูกยางพาราอายุ 7-13 ปี พื้นที่ที่ปลูกยางพาราอายุ 14-20 ปี และพื้นที่ที่ปลูกยางพาราอายุมากกว่า 20 ปี เท่ากับ 0.3271, 0.3485 และ 0.3195 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตรต่อเดือน ตามลำดับ ในขณะเดียวกัน การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราจากข้อมูลภาคสนามโดยใช้สมการแอลโลเมตรี พบว่า พื้นที่ที่ปลูกยางพาราอายุ 7-13 ปี, 14-20 ปี และ 20 ปี มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน เท่ากับ 5.1409, 5.4583 และ 5.6561 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ

ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราจากภาพถ่ายดาวเทียมด้วยแบบจำลองชีวมณฑล CASA และจากข้อมูลภาคสนามด้วยสมการเชิงเส้นตรง (linear equation) พบว่า ค่า R^2 ของสมการของพื้นที่ปลูกยางพาราในแต่ละชั้นอายุมีค่าเท่ากับ 0.7844, 0.7058 และ 0.9897 ตามลำดับ (รูปที่ 6) ซึ่งค่า R^2 ของยางพาราอายุมากกว่า 20 ปีมีค่ามากที่สุด จึงเลือกใช้สมการของยางพาราที่มีอายุมากกว่า 20 ปี มาทำประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราจากภาพถ่ายดาวเทียมด้วยแบบจำลองชีวมณฑล CASA อีกครั้ง และพบว่า ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราจากภาพถ่ายดาวเทียมด้วยแบบจำลองชีวมณฑล CASA ในพื้นที่อำเภอดอยหลวงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.6622 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ และในพื้นที่ยางพาราที่มีอายุ 7-13 ปี, 14-20 ปี และมากกว่า 20 ปี มีปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยเท่ากับ 5.6600, 5.6669 และ 5.6586 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ

5. วิจารณ์ผลและสรุปผล

ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราจากภาพถ่ายดาวเทียมด้วยแบบจำลองชีวมณฑล CASA โดยทำการจำแนกการใช้ที่ดินใน 2 ช่วงเวลาเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินด้วยวิธีการเชิงวัตถุ โดยในปี 2548 ทำการจำแนกโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5-TM ซึ่งจำแนกประเภทการใช้ที่ดินออกเป็น 6 ประเภท ประกอบด้วย พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตร ที่อยู่อาศัย แหล่งน้ำ พื้นที่อื่นๆ และพื้นที่ปลูกยางพารา ส่วนปี 2558 ทำการจำแนกพื้นที่ปลูกยางพาราตามช่วงอายุโดยใช้ภาพดาวถ่ายเทียม Landsat 8-OLI ในการจำแนก ซึ่งทำการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินออกเป็น 4 ประเภทด้วยกัน คือ พื้นที่ปลูกยางพาราอายุ 7-13 ปีพื้นที่ที่ปลูกยางพาราอายุ 14 ปี พื้นที่ที่ปลูกยางพาราอายุมากกว่า 20 ปีขึ้นไป และพื้นที่อื่นๆ ซึ่งภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง 2 ภาพเป็นภาพถ่ายที่มีความละเอียดเชิงคลื่นแตกต่างกันโดยภาพดาวเทียม Landsat 8-OLI จะให้ความละเอียดเชิงคลื่นมากกว่า ประกอบกับการจำแนกการใช้ที่ดินของทั้ง 2 ปีมีการจำแนกการใช้ที่ดินที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจส่งผลต่อการแบ่งวัตถุภาพของภาพถ่ายดาวเทียม ทั้งนี้เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้ต้องการที่จะศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน 10 ปีย้อนหลังก่อนที่จะมีการสนับสนุนการปลูกยางพารา รวมถึงในการจำแนกในปี 2548 เป็นการจำแนกการใช้ที่ดินแบบหยาบเท่านั้น ส่วนการจำแนกเพื่อหาพื้นที่ปลูกยางพาราในปี 2558 เป็นการจำแนกแบบละเอียด จึงมีความจำเป็นต้องใช้ภาพถ่ายดาวเทียมที่มีระบบแตกต่างกัน ซึ่งอาจทำให้ในขั้นตอนของการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินมีความคลาดเคลื่อนของผลการวิเคราะห์ รวมถึงในขั้นตอนของการตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำแนกยางพาราตามช่วงอายุ ซึ่งทำการตรวจสอบความถูกต้องจากจุดตัวอย่างจากการออกภาคสนาม แต่เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัดในการเข้าถึงพื้นที่ ทำให้จุดตรวจสอบความถูกต้องของยางพาราในแต่ละช่วงอายุไม่กระจายทั่วพื้นที่เท่าที่ควร และถึงแม้ว่าผลการจำแนกจะมีความถูกต้องสูงในระดับที่ยอมรับได้ แต่ในวัตถุภาพที่ไม่ได้อยู่ในจุดตรวจสอบความถูกต้องหรือบริเวณขอบของวัตถุภาพ อาจมีความคลาดเคลื่อนได้ ส่วนการประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราจากภาพถ่ายดาวเทียมด้วยแบบจำลองชีวมณฑล CASA และการประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราจากข้อมูลภาคสนาม ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ ใช้แบบจำลองชีวมณฑล CASA และสมการแอลโลเมตรี ซึ่งเป็นแบบจำลองและสมการที่ใช้ประเมินคาร์บอนในระดับกว้าง ไม่ได้ใช้แบบจำลองที่ใช้ประเมินคาร์บอนของยางพาราโดยตรงประกอบกับเป็นเพียงการประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราเฉพาะบริเวณเรือนยอดเท่านั้น ซึ่งผลการประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราจากภาพถ่ายดาวเทียมถือว่ามีความสัมพันธ์กันกับการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราจากภาคสนาม

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ในการจำแนกการใช้ที่ดินเชิงวัตถุในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความละเอียดเชิงคลื่นที่ต่างกันซึ่งส่งผลต่อการบ่งชี้วัตถุภาพ ในการศึกษาครั้งต่อไปควรใช้ภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความละเอียดเชิงคลื่นเดียวกัน

6.2 ในการออกภาคสนามเพื่อเก็บข้อมูลจุดตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ควรกระจายจุดตัวอย่างให้ทั่วพื้นที่เพื่อให้กระบวนการตรวจสอบความถูกต้องมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

6.3 ผู้สนใจที่ศึกษาในประเด็นที่เกี่ยวข้อง อาจทำการศึกษาเปรียบเทียบการกักเก็บคาร์บอนจากแบบจำลองหรือสมการที่เหมาะสมสำหรับยางพาราโดยตรง รวมถึงทำการเปรียบเทียบการกักเก็บคาร์บอนจากแบบจำลองที่หลากหลายมากขึ้น หรืออาจเปรียบเทียบปริมาณการการกักเก็บคาร์บอนจากพืชพรรณต่างชนิด เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

บัณฑูร เศรษฐศิโรตม์, ระวี ถาวร, ลดาวัลย์ พวงจิตร และสมหญิง สุนทรวงษ์. (2554). **เรดด์พลัส: ประเด็นร้อนในเวทีเจรจาโลก แนวคิดและรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับสังคมไทย.** กรุงเทพฯ: สถาบันธรรมรัฐเพื่อการพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม.

มูลนิธิสืบนาคะเสถียร. (2555). **รายงานสาธารณะสถานการณ์ป่าไม้ไทย 2555.** เรียกใช้เมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2557, จาก: http://www.seub.or.th/index.php?option=com_content&view=article&id=927:seubnews &catid=5:2009-10-07-10-58-20&Itemid=14

สำนักกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยางจังหวัดเชียงราย. (2557). **ข้อมูลยางพาราจังหวัดเชียงรายปี 2557.**

Potter, C., Randerson, J., Field, C., Matson, P., Vitousek, P., Mooney, H. and Klooster, S. (1993). **Terrestrial Ecosystem Productio: A process model based on global satellite and surface data.** Retrieved February8, 2014, from: http://escholarship.org/uc/item/52z028wn#page-4

Saengruksawong C., Khamyong S., Anongrak N. and Pinthong J. (2012). **Growths and Carbon Stocks of Para Rubber Plantations on Phonpisai Soil Series in Northeastern Thailand**. Retrieved February8, 2014, from http://www.rubberthai.com/book/journal/vol1/vol1-2.pdf

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้ เป็นผลงานระหว่างทำการศึกษา ณ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยเชียงใหม่เป็นอย่างสูงที่ให้การสนับสนุนค่าใช้จ่าย

การประยุกต์ข้อมูลสำรวจระยะไกลประเมินรูปแบบการรุกล้ำน้ำเค็มสู่พื้นที่เกษตรกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีนตอนล่าง

Applications of remote sensing data for assessing the patterns of saltwater intrusion into farmland in the lower Tha Chin River Basin

รัตนะ บุลประเสริฐ[1] ปิยะรัตน์ วิจักขณ์สังสิทธิ์[2] พิจักษณ์ หิญชีระนันทน์[1]

Rattana Boonprasert and Piyarat Vijuksungsith

[1]คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

โทรศัพท์ 024415000 โทรสาร 0-2441-5910/11 e-mail: rattana.boo@mahidol.ac.th

[2]ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง (ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ)

คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (วิทยาเขตกำแพงแสน)

โทรศัพท์ 0-343-51399 ต่อ 476 e-mail rdiprv@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการประยุกต์ข้อมูลดาวเทียมสำรวจทรัพยากร Landsat TM 7+ และ Landsat 8 OLI ประเมินการรุกล้ำน้ำเค็มสู่พื้นที่เกษตรกรรม โดยทำการศึกษาประเมินความเปราะบางในระบบนิเวศของพื้นที่เกษตรกรรมในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีนตอนล่าง ประกอบด้วยปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพน้ำมีผลต่อการเกษตรที่ส่งผลต่อการรุกล้ำของน้ำเค็มที่ทำให้ความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับดินและพืชที่ปลูก ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพน้ำมีผลต่อการเกษตรได้แก่ ความเค็ม อัตราการซาบซึมของน้ำและความเป็นพิษของธาตุบางชนิด

คำสำคัญ: ดาวเทียมแลนด์แซท ความเปราะบางของระบบ การรุกล้ำของน้ำเค็ม

ABSTRACT

This research is applications of remote sensing satellites, Landsat TM 7 and Landsat 8 OLI rate saltwater encroachment into agricultural areas. The study evaluated the fragile ecosystem of farmland in the lower Tha Chin River Basin. Factors associated with water quality affect agricultural. Affecting encroachment of saltwater that damage will occur to the soils and crops. Factors associated with water quality affect agriculture, including salinity rate of water permeability and toxicity of certain elements.

KEY WORDS: Landsat Vulnerability The encroachment of saltwater

1. บทนำ

ปัญหาน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีนตอนล่างในบริเวณพื้นที่จังหวัดนครปฐม ราชบุรี สมุทรสงคราม และ สมุทรสาคร เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวตั้งอยู่ในพื้นที่อ่าวไทยตอนบนของประเทศไทยมีพื้นที่ชายฝั่งแหพบว่า มักจะประสพกับปัญหาน้ำเค็มรุกโดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณปากแม่น้ำของพื้นที่อ่าวไทยตอนบนในพื้นที่ศึกษาเพราะส่วนใหญ่เป็นระบบนิเวศสามน้ำ คือ น้ำจืด น้ำเค็ม น้ำกร่อย จึงมักจะมีปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการรุกล้ำของน้ำเค็มในพื้นที่ติดชายฝั่งทะเล ในบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนตอนล่างจะมีระบบการเกษตรที่มีลักษณะเฉพาะ คือ ระบบเกษตรแบบสวนยกร่อง ซึ่งต้องการน้ำที่ไหลหลากและน้ำแห้งในบางเวลา การขึ้นลงของน้ำทะเลที่เป็นไปตามกระแสลมและระบบจันทรคติ ทำให้เกิดระบบน้ำไหลขึ้นลงที่น้ำ การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อผลิตทางการเกษตรที่อยู่ติดชายฝั่งทะเลจึงมักจะมีปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการรุกล้ำของน้ำเค็ม โดยพบว่าส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากยังขาดโครงสร้างป้องกันน้ำเค็มถาวรในลำน้ำสายหลักและการขาดน้ำจืดนอนคลองที่จะใช้ผลักดันน้ำเค็ม เนื่องจากการขยายตัวของแหล่งอุตสาหกรรมและชุมชน ประกอบกับปัญหาการกัดเซาะพื้นที่ชายฝั่งที่รุนแรง ทำให้พื้นที่ป่าชายเลนลดลงอย่างต่อเนื่อง ความรุนแรงของกระแสคลื่นและระดับน้ำที่สูงนั้นส่งผลต่อปัญหาของน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรม ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้เป็นการประยุกต์ข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อการกำหนดแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อผลิตทางการเกษตรจากปัญหาน้ำเค็มรุกล้ำในสวนผลไม้และพืชเกษตรอื่นๆจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการบริหารจัดการการผลิตทางการเกษตรผลิตพืช ประมง และปศุสัตว์ เพื่อรองรับปัญหาการเปลี่ยนแปลงนิเวศน์เกษตรของพื้นที่ทางการเกษตรบริเวณอ่าวและระดับน้ำทะเลที่ขึ้นสูงอันจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อระบบนิเวศน์ชายฝั่งจากการประเมินมูลค่าความเสียหายของการใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจากระดับการรุกล้ำของน้ำเค็มในบริเวณพื้นที่ติดชายฝั่งทะเลของสวนผลไม้ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่อ่าวไทยตอนบน พบว่าเป็นปัญหาในลำดับต้นๆ พื้นที่สวนผลไม้ที่ติดชายฝั่งทะเลเป็นปัญหาด้านทรัพยากรธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการรุกล้ำของน้ำเค็มที่ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรป่าไม้ ทรัพยากรดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทรัพยากรน้ำ และทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง

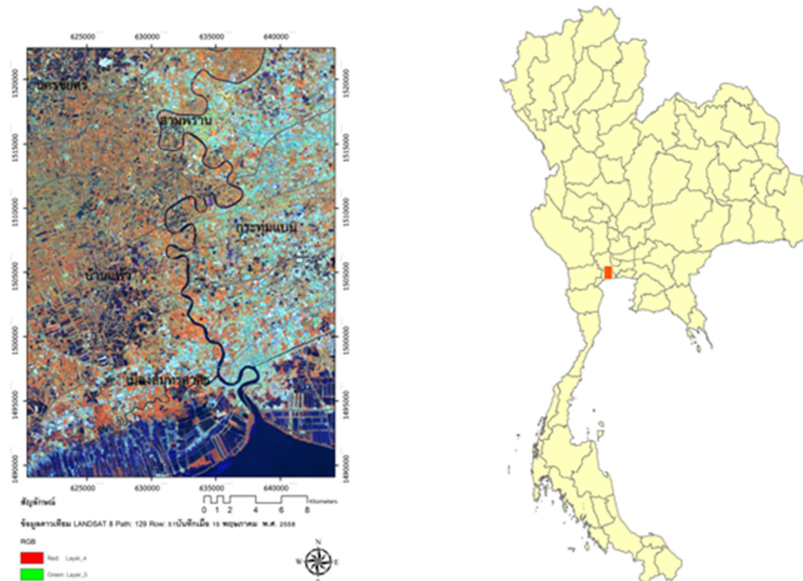
2. วัตถุประสงค์

2.1 ประเมินการรุกล้ำน้ำเค็มในบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมของพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีนตอนล่าง

2.2 ประเมินผลกระทบจากปัญหาน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรมต่อระบบนิเวศ

3. วิธีการวิจัย

3.1 ขอบเขตเชิงพื้นที่ การศึกษาครั้งนี้ครอบคลุมบริเวณลุ่มน้ำท่าจีนตอนล่างประกอบด้วย พื้นที่อำเภอนครชัยศรี อำเภอพุทธมณฑล อำเภอสามพราน จังหวัด และ อำเภอบ้านแพ้ว เมืองสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรสาคร ครอบคลุมพื้นที่ 924.06 ตร.กม. ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขอบเขตเชิงพื้นที่ศึกษา

3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย

3.2.1 ข้อมูลเชิงพื้นที่ ได้แก่ ข้อมูลดาวเทียมสำรวจทรัพยากรย้อนหลัง 15 ปี บันทึกต่างช่วงเวลาดังนี้คือ

- ข้อมูลดาวเทียม LANSAT 8 OLI Path: 129 Row: 51บันทึกเมื่อ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2558
- ข้อมูลดาวเทียม LANSAT 8 OLI Path: 129 Row: 51บันทึกเมื่อ 20 เมษายน พ.ศ. 2556
- ข้อมูลดาวเทียม LANSAT 7 ETM+ Path: 129 Row: 51บันทึกเมื่อ 25 เมษายน พ.ศ. 2543

3.2.2 ข้อมูลปัจจัยเบื้องต้น สภาพสิ่งแวดล้อมด้านชีวกายภาพที่กำหนดที่ส่งผลโดยตรงต่อความเปราะบางในระบบนิเวศประกอบตัวแปรที่สำคัญ 3 องค์ประกอบ (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม,2554) ที่มีผลต่อผลกระทบต่อรุกล้ำการน้ำเค็มในพื้นที่เกษตรกรรมมีดังนี้คือ คือ 1) ปัจจัยด้านการสัมผัสกับปัจจัยคุกคาม (Exposure) ซึ่งเกี่ยวข้องกับลักษณะทางธรรมชาติที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับความเปราะบางทางด้านชีวกายภาพ (Biophysical vulnerability) และ และสภาวะที่ระบบกำลังประสบหรือสัมผัสกับภัยคุกคาม โดยขึ้นอยู่กับความถี่ ระยะเวลา ขอบเขตความรุนแรง และพฤติกรรมของปัจจัยอันตรายหรือเหตุการณ์ที่ระบบกำลังสัมผัสหรือได้รับผลกระทบต่อรุกล้ำการน้ำเค็มในพื้นที่เกษตรกรรม 2) ปัจจัยด้านความอ่อนไหว (Sensitivity) คือ ระดับผลกระทบทั้งในเชิงบวกและลบที่ระบบได้รับสัมผัสกับปัจจัยอันตราย โดยความอ่อนไหวของระบบถูกกำหนดด้วยคุณสมบัติและสถานภาพของระบบเป็นหลัก และ 3) ปัจจัยด้านความสามารถในการตั้งรับและปรับตัวของระบบ (Adaptive capacity) คือ ความสามารถของระบบในการตอบสนองและปรับตัวต่อการเผชิญกับปัจจัยคุกคามเพื่อลดความเสียหาย ในขณะเดียวกัน แสวงหาโอกาสและผลประโยชน์จากผลกระทบและการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว รวมทั้งการตั้งรับและปรับตัวเข้ากับผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นภายหลัง ได้แก่ ความสามารถของระบบในการตอบสนองและปรับตัวของชนิดและรูปแบบของพื้นที่เกษตรกรรม รูปแบบการการตั้งถิ่นฐาน ลักษณะความเป็นเมือง และอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

3.2 วิธีการศึกษามี ดังนี้คือ

3.3.1 ประเมินผลกระทบ และการเปลี่ยนแปลงสภาพสิ่งแวดล้อมด้านชีวกายภาพที่กำหนดที่ส่งผลโดยตรงต่อความเปราะบางในระบบนิเวศมีขั้นตอนดังนี้คือ

ขั้นตอนที่ 1 ประเมินปัจจัยทางด้านกายภาพ ด้านชีวภาพ และกิจกรรมของมนุษย์ที่ส่งผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่

เกิดจากการรุกล้ำของน้ำเค็มในพื้นที่ติดชายฝั่งทะเลในสวนผลไม้ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่อ่าวไทยตอนบนที่ส่งผลต่อกิจกรรมเศรษฐกิจ สังคม และคุณภาพชีวิต จากปัจจัยของอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงที่ปากแม่น้ำเป็นตัวแปรที่สำคัญประการหนึ่งที่มีผลต่อการรุกล้ำของน้ำเค็ม ปัจจัยทางธรรมชาติและปัจจัยที่มนุษย์ก่อขึ้นเองอีกหลายประการมีผลต่อการรุกล้ำของน้ำเค็ม ปัจจัยทางธรรมชาติ เช่น ลักษณะทางกายภาพของลำน้ำ ความลึกตื้นของลำน้ำ ส่วนปัจจัยที่มนุษย์ก่อขึ้น เช่น การนำน้ำจืดจากต้นน้ำไปใช้เพื่อการเกษตรมากเกินไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูแล้ง ทำให้น้ำจืดที่ใช้ผลักดันน้ำเค็มมีน้อยลงและการระบายน้ำเค็มลงสู่ลำน้ำเนื่องจากมีการเพาะเลี้ยงกุ้งตามแนวชายฝั่งแม่น้ำ การเปลี่ยนถ่ายน้ำในนากุ้งและสถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำลงสู่คลองต่างๆ ที่ต่อเชื่อมกับแม่น้ำที่เป็นผลให้น้ำเค็มจากนากุ้งและสถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ไหลลงสู่ปากแม่น้ำ แล้วจึงศึกษาผลกระทบและการเปลี่ยนแปลงจากการปิดเปิดประตูระบายน้ำต่อทรัพยากรธรรมชาติและวิถีชีวิต โดยวางกรอบการศึกษา 3 ปัจจัยได้แก่ ปัจจัยทางด้านกายภาพ ด้านชีวภาพ และกิจกรรมของมนุษย์ที่ส่งผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการรุกล้ำของน้ำเค็มในพื้นที่ติดชายฝั่งทะเลในสวนผลไม้ ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 การวิเคราะห์การรุกล้ำของน้ำเค็มที่ทำให้ความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับดินและพืชที่ปลูก โดยรวบรวมข้อมูล จากปัจจัย ตัวแปร และวิธีการต่างๆ มาจากการศึกษาและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและสำรวจภาคสนามตรวจวัด ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพน้ำมีผลต่อการเกษตรที่ส่งผลต่อการรุกล้ำของน้ำเค็มที่ทำให้ความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับดินและพืชที่ปลูก ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพน้ำมีผลต่อการเกษตรได้แก่ ความเค็ม อัตราการซาบซึมของน้ำ (water infiltration rate) และความเป็นพิษของธาตุบางชนิด (specific ion toxicity) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความเสี่ยงของการรุกล้ำของน้ำเค็มจากคุณภาพน้ำที่ใช้ในพื้นที่เกษตรกรรมที่ทำให้ความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับดินและพืชที่ปลูก (ปรับปรุงจาก US Salinity Laboratory Staff, 1954)

ระดับของความเสี่ยงของการรุกล้ำของน้ำเค็ม	ปริมาณเกลือในน้ำ (กรัม/ลิตร)	ความเสี่ยงที่จะเกิดดินเค็ม	ข้อจำกัด
ระดับที่ 1	น้อยกว่า 0.5	ไม่มีความเสี่ยง	ไม่มีข้อจำกัด
ระดับที่ 2	0.5-2.0	มีความเสี่ยงเล็กน้อยถึงปานกลาง	ต้องมีการจัดการน้ำที่ดี
ระดับที่ 3	มากกว่า 2.0	เสี่ยงมาก	ไม่แนะนำให้ใช้ยกเว้นมีผู้เชี่ยวชาญควบคุม

หมายเหตุ ความเค็มเค็มมาตรฐานที่พืชรับได้ไม่เกิน 1.2 กรัม/ลิตร

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ความหลากหลายทางชีวภาพของพื้นที่เกษตรกรรมที่ได้รับผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการรุกล้ำของน้ำเค็มในพื้นที่ติดชายฝั่งทะเลในสวนผลไม้ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยแบบถ่วงน้ำหนักทางภูมิศาสตร์เพื่อประเมินความเหมาะสมของ รูปแบบปัจจัยทางด้านกายภาพ ด้านชีวภาพ และกิจกรรมของมนุษย์ที่ส่งผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการรุกล้ำของน้ำเค็มในพื้นที่พื้นที่เกษตรกรรมแล้วจึงกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญของหลักเกณฑ์จากรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินและการประเมินส่งผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการรุกล้ำของน้ำเค็มในพื้นที่เกษตรกรรมโดยการสำรวจและการเก็บข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพที่เกิดจากการรุกล้ำของน้ำเค็มในพื้นที่ติดชายฝั่งทะเลในสวนผลไม้และพื้นที่เกษตรอื่นๆด้วยภาพถ่ายทางอากาศ ข้อมูลดาวเทียมสำรวจทรัพยากร ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม Lansat 7 ETM+ ช่วงระหว่างปีพ.ศ. 2537 – 2558 และ Lansat 7 ETM+ ช่วงระหว่างปีพ.ศ.2545 – 2558 และ Lansat 8 OLI ช่วงระหว่างปีพ.ศ. 2556 – 2558 แล้วจึงสำรวจความหลากหลายทางชีวภาพที่เกิดจากการรุกล้ำของน้ำเค็มในพื้นที่ติดชายฝั่งทะเลในสวนผลไม้วิธีเดินเท้าบันทึก จำนวนชนิดพันธุ์ที่ปรากฏในพื้นที่แปลงสำรวจด้วยการจำแนกสังคมพืชและจำนวนต้นที่มีในแต่ละชนิดพันธุ์ จากการปรับปรุงจากสมการของ Shannon-Wiener Index : H (อุทิศ กุฏอินทร์. 2542 : 76 ; อ้างอิงมาจาก Shannon and Weaver. 1949) ค่าความสม่ำเสมอของชนิดพันธุ์ (Evenness Index: E) (Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949) มีดังสมการที่ 1 ดังนี้คือ

$$H = - \sum(pi)(\ln p_i) \quad \text{(สมการที่ 1)}$$

โดยที่ H คือ ค่าดัชนีความหลากชนิดของชนิดพันธุความหลากหลายทางชีวภาพของพื้นที่ศึกษาทั้งหมด P_i คือ สัดส่วนระหว่างจำนวนการรุกล้ำของน้ำเค็มในพื้นที่ติดชายฝั่งทะเลกับมูลค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ S คือจำนวนชนิดความหลากชนิดของชนิดพันธุความหลากหลายทางชีวภาพของพื้นที่ศึกษาทั้งหมด

ส่วนที่ 3 การประเมินและวิเคราะห์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับจัดการและป้องกันการรุกล้ำของน้ำเค็มในพื้นที่ติดชายฝั่งทะเลในสวนผลไม้และรูปแบบการเข้าไปใช้ประโยชน์ที่ดินของของชุมชนในพื้นที่ศึกษา เพื่อที่จะนำข้อมูลในส่วนนี้มาประกอบการวิเคราะห์ รวมทั้งนำข้อมูลที่ได้จากการสนทนากลุ่มย่อยมาตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมจากวิธีอื่นๆ

ส่วนที่ 4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของปัจจัยที่ทางภาพและปัจจัยความรู้ด้านจัดการและป้องกันการรุกล้ำของน้ำเค็มในพื้นที่ติดชายฝั่งทะเลในสวนผลไม้และรูปแบบการเข้าไปใช้ประโยชน์ที่ดินของชุมชนและรูปแบบการเข้าไปใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการการถ่วงน้ำหนักค่าดัชนี (Weight the evaluation indices) เพื่อหามูลค่าปัจจัยนำเข้า และหา SAW เพื่อสามารถให้ค่ามูลค่า ตลอดจนใช้ประเมินเชิงพื้นที่โดยการวิเคราะห์ โดยใช้วิธีให้ค่าน้ำหนักค่าน้ำหนักความสำคัญค่าดัชนีความหลากชนิดของชนิดพันธุ์ผลผลิตที่ไม่ใช่เนื้อไม้จากป่าทั้งหมดและปัจจัยความรู้ด้านด้านจัดการและป้องกันการรุกล้ำของน้ำเค็มในพื้นที่ติดชายฝั่งทะเลในสวนผลไม้กับ ปัจจัยมูลค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์จึงนำไปคำนวณตามสมการที่ 2

$$CI_i \quad \sum_{i=1}^{n} \quad W_i \; R_{ij} \;\; W_i >$$ (สมการที่ 2)

โดยที่ CI_i คือ ค่าคะแนนรวมของทางเลือก I W_i คือ ค่าคะแนนจากการประเมินของทางเลือก i สำหรับปัจจัย j และ R_{ij} คือ น้ำหนักความสำคัญของปัจจัย j ทั้งนี้การได้มาซึ่งน้ำหนักความสำคัญของคุณสมบัติ *(Wj)* ดัง-ทั้งนี้ทำการคำนวณหาค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ และปัจจัยทางกายภาพ กับปัจจัยค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัยด้านจัดการและป้องกันการรุกล้ำของน้ำเค็มในพื้นที่ติดชายฝั่งทะเลในสวนผลไม้และรูปแบบการเข้าไปใช้ประโยชน์ที่ดินของชุมชนจากการให้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้ค่าคะแนนความสำคัญในระดับชั้นเดี่ยวกันในโครงสร้างลำดับชั้น (Hierarchy Structure) จากระดับคะแนน 1 – 9 และสามารถนำค่าน้ำหนักความสำคัญของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่าน *(Wj)* ดังสมการที่ 3 มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต เป็นค่าน้ำหนักความสำคัญของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญของโครงสร้างลำดับชั้นได้ดังสมการที่ 3 และสมการที่ 4

$$W_i \qquad \sum_{I-1}^{m} S_i$$ (สมการที่ 3)

$$W_i \qquad gp \quad \sum_{I-1}^{m} W_{jk}/n$$ (สมการที่ 4)

โดยที่ S_j คือ ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัย j ในระดับชั้น ลักษณะที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ และปัจจัยทางกายภาพ m คือ จำนวนปัจจัยที่พิจารณาปัจจัยทางกายภาพ W_j คือ ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยความรู้ด้านจัดการและป้องกันการรุกล้ำของน้ำเค็มในพื้นที่ติดชายฝั่งทะเลในสวนผลไม้และรูปแบบการเข้าไปใช้ประโยชน์ที่ดินของชุมชน j จากผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่าน $W_{j\ gp}$ คือค่าน้ำหนักความสำคัญกลุ่มของปัจจัยความรู้ด้านจัดการและป้องกันการรุกล้ำของน้ำเค็มในพื้นที่ติดชายฝั่งทะเลในสวนผลไม้และรูปแบบการเข้าไปใช้ประโยชน์ที่ดินของชุมชน j และ W_{jk} คือ ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย j จากผู้เชี่ยวชาญ k n คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 2 พัฒนาเทคโนโลยีการสร้างแบบจำลองพลวัตเชิงพื้นที่โดยศึกษาการรุกของน้ำเค็มในสวนผลไม้ การกำหนดพื้นที่เพื่อจำแนกพื้นที่นิเวศน์เกษตรกรณีสวนผลไม้และพื้นที่เกษตรอื่นๆโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ร่วมกับแบบจำลองเชิงพื้นที่ของผลกระทบสิ่งแวดล้อมข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อรองรับการกำหนดและแบ่งเขตแนวรอยต่อบริเวณได้รับผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากปัญหาของน้ำเค็มรุกล้ำในสวนผลไม้จากความเสี่ยงของการเปลี่ยนแปลง เช่น เขตเศรษฐกิจ เขตอุตสาหกรรม เขตเกษตรกรรม เขตอยู่อาศัยและอื่นๆที่จะส่งผลต่อความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินและการใช้ที่ดินรวมถึงโครงการป้องกันการรุกล้ำของน้ำเค็มในพื้นที่ศึกษา

ขั้นตอนที่ 3 พัฒนาเทคโนโลยีทางด้านภูมิสารสนเทศสำหรับการการประยุกต์และการนำไปใช้ในการป้องกันหรือบรรเทาปัญหาของน้ำเค็มรุกล้ำ ในสวนผลไม้และพืชเกษตรอื่นๆแล้วจึงกำหนดระดับการรุกของน้ำเค็มจะเข้ามาในพื้นที่แม่น้ำสายหลักที่จะส่งผลกระทบรุนแรงต่อพื้นที่เกษตรกรรม ที่มีความอ่อนไหวต่อความสมดุลของน้ำจืดและน้ำเค็มในพื้นที่ศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้คือ 1) กำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญของหลักเกณฑ์ประกอบด้วย ศึกษาวิธีการกำหนดค่าน้ำหนัก วิธีการวิเคราะห์ตัวแปรและความรู้ด้านจัดการและป้องกันการรุกล้ำของน้ำเค็มในพื้นที่ติดชายฝั่งทะเลในสวนผลไม้ด้วยวิธีการ

ตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ซึ่งวิธีการวิเคราะห์การตัดสินในแบบหลายหลักเกณฑ์ในการศึกษาครั้งนี้จะเลือกใช้โดยใช้วิธีการตัดสินใจโดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิง AHP) และกระบวนการรวมแบบถ่วงน้ำหนัก (SAW). 2) ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการรุกล้ำของน้ำเค็มในพื้นที่ติดชายฝั่งทะเลในสวนผลไม้ความเหมาะสมของการใช้ประโยชน์ที่ดินตามหลักการประเมินที่ดินขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ ด้วยวิธีการการวิเคราะห์การถดถอยแบบถ่วงน้ำหนักทางภูมิศาสตร์ ได้แก่ วิเคราะห์ตัวแปรและปัจจัยต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์ด้วยวิธีการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ซึ่งวิธีการวิเคราะห์การตัดสินในแบบหลายหลักเกณฑ์ในการศึกษาครั้งนี้จะเลือกใช้โดยใช้วิธีการตัดสินใจโดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ Analytic Hierarchical Process (AHP) และกระบวนการรวมแบบถ่วงน้ำหนัก (Simple Additive Weighting: (SAW) เพื่อโครงการจัดทำต้นแบบนำร่องของการบริหารปัญหาน้ำเค็มรุกล้ำในสวนผลไม้จากความเสี่ยงของการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ศึกษา

3.3.2 เปรียบเทียบทางเลือกในการใช้ที่ดิน ติดตาม ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่และประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเพื่อประเมินความเสี่ยงของน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีนตอนล่างประยุกต์เทคนิคระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การวิเคราะห์ศักยภาพของพื้นที่ (Potential Surface Analysis : PSA) โดยใช้สมการวิเคราะห์แบบจำลองดัชนีด้วยการซ้อนทับชั้นข้อมูล (Overlay)) โดยหลักของสมการ Multi-Criteria Model โดยกำหนดค่าคะแนนความเหมาะสมของปัจจัยความเปราะบางในระบบนิเวศกับปัญหาน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรม เพื่อประระเมินความเสี่ยงของน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรมโดยการสร้างแบบจำลองพลวัตระบบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (Jin, W. et al.,2009.)จากปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงประโยชน์ที่ดิน 3 ปัจจัยหลักของความเสี่ยงของน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรม ปัจจัยตัวแปรเชิงปริมาณ และคุณภาพ ระยะทางความห่างจากขอบเขตที่มีน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรมในรูปแบบของ Grid Raster File โดยให้ค่าของ บริเวณที่ที่มีน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรมเท่ากับมีค่าบวก (+1) ส่วนบริเวณที่ไม่มีน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรมให้ค่าเท่ากับ 0 และประมวลผลในการหาระยะทางความห่าง -วิธีการ Distance Analysis ตั้งค่าการประมวลผลเป็ น Statistics = In-and-Out Distance ข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลจะออกมาเป็นระยะทางความห่างจากขอบเขตพื้นน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรมจะมีค่าลบ (-1) ระยะทางที่ห่างออกจากขอบเขตน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรมจะมีค่าบวกโดยที่ระยะทางห่างจาก ขอบเขตพื้นที่เกษตรกรรมาจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณรูปแบบน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรมโดยตรงกับผลกระทบที่เกิดจากปัจจัยภายนอกขอบเขตน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรมโดยอ้อมได้แก่ ปัจจัยการผลักดันที่เกิดจากมนุษย์ (Human driving forces) เป็นปัจจัยสังคมพื้นฐานที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านประชากร ด้านเทคโนโลยีที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปัจจัยการบรรเทาผลกระทบของมนุษย์ (Human mitigating forces) เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเพื่อลดและบรรเทาผลกระทบเชิงลบที่เกิดเปลี่ยนแปลการใช้ประโยชน์ที่ดินในอดีต และ แหล่งการเปลี่ยนแปลงเบื้องต้น (Proximate sources of change) คือการกระทำของมนุษย์ที่ทำให้เกิดเปลี่ยนแปลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินโดยตรง ในการวิเคราะห์นำค่าคะแนนและค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัจจัยและเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ และทำการซ้อนทับแผนที่ปัจจัยโดยใช้วิธีการซ้อนทับข้อมูล สามารถคำนวณค่าคะแนนรวม (Total Suitability Score : S_i) ส่วนค่าน้ำหนักโดยรวม(Global weight) ของทางเลือกได้จากการคูณค่า ค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัย ของทางเลือกในแต่ละหลักเกณฑ์ด้วยค่าGlobal weight ของหลักเกณฑ์นั้นก่อนที่จะรวมผลคูณของทุกหลักเกณฑ์เข้าด้วยกันดังสมการที่ 5

$$SA_i = \sum_{i=1}^{n} (W_i \times R_i)$$

(สมการที่

กำหนดให้ *SAi* คือ ปัจจัยด้านความอ่อนไหว ปัจจัยทีมีผลโดยตรง และปัจจัยภายนอกขอบเขตน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรร *Wi* คือ เกณฑ์ (Criteria) ที่กำหนดค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัย (Criteria Factor Weight) ปัจจัยด้านความอ่อนไหว ปัจจัยทีมีผลโดยตรง และปัจจัยภายนอกขอบเขตน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรม *Ri* คือ เกณฑ์ (Criteria) การจัดค่าลำดับความสำคัญ (Rating) ปัจจัยด้านความอ่อนไหว ปัจจัยทีมีผลโดยตรง และปัจจัยภายนอกขอบเขตน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรม ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การกำหนดค่าน้ำหนักและค่าคะแนนปัจจัยที่วิเคราะห์ค่าปัจจัยทีมีผลโดยตรง และปัจจัยภายนอกขอบเขตน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรมโดยอ้อมของพื้นที่ศึกษา

ปัจจัย (Factor)		เกณฑ์	ค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัย)	การจัดค่าลำดับความสำคัญ	ค่าคะแนนรวม
1.บริเวณที่ที่มีน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรม	1.1 พื้นที่เกษตรกรรม ได้แก่ พื้นที่ร้าง/ว่างเปล่า พื้นที่นาข้าว ทุ่งหญ้าพืชสวน พืชไร่ ไม้ผล ไม้ยืนต้น และพื้นที่ประมง	ระยะห่างจากพื้นที่เกษตรกรรมที่มีปัญหาเค็มรุกล้ำน้ำเค็ม(กิโลเมตร)			
		<5	0.30	8.75	2.63
		5-7.5		7.00	2.10
		7.5-10		5.25	1.58
		>10		3.75	1.13
	1.2 แหล่งน้ำเค็มหรือเส้นทางของน้ำเค็ม	ระยะห่างจากแหล่งน้ำผิวดินหรือแหล่งน้ำเค็ม			
		<100	0.22	1.00	0.22
		100-500		2.67	0.59
		500-1000		6.33	1.39
		>1000		9.00	1.98
2. ปัจจัยการผลักดันที่เกิดจากมนุษย์ (Human driving forces)	เส้นทางคมนาคม	ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม (เมตร)			
		<250	0.12	8.50	1.02
		250-500		7.25	0.87
		500-750		6.25	0.75
		750-1000		2.75	0.33
3. ปัจจัยการบรรเทาผลกระทบของมนุษย์ (Human mitigating forces)	แหล่งน้ำสนับจืด	ระยะห่างจากแหล่งน้ำผิวดินหรือเส้นทางน้ำจืด(เมตร)			
		<200	0.32	9.00	2.88
		200-300		7.75	2.48
		300-500		7.00	2.24
		500-1000		4.75	1.52
		>1000		1.50	0.48
4. แหล่งการเปลี่ยนแปลงเบื้องต้น (Proximate sources of change)	4.2 รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน ที่ไม่ใช่พื้นที่ทางการเกษตร ได้แก่ แหล่งอุตสาหกรรมและชุมชน	ระยะห่างจากแหล่งอุตสาหกรรมและชุมชน (เมตร)			
		<100	0.04	6.00	0.34
		100-500		2.5	0.24
		500-1000		08.50	0.10
		>1000		1.25	0.05

ทั้งนี้ในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์เปลี่ยนแปลงการเปลี่ยนแปลรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินสิ่งปกคลุมดินย้อนหลัง15 ปีประเมินผลกระทบและ ระดับแปลงที่ดิน การเปลี่ยนแปลงรูปแบบใช้ที่ดิน ลักษณะของทรัพยสิทธิเงื่อนไขด้านเศรษฐกิจ สังคมและภูมิศาสตร์ และสภาพการใช้ประโยชน์เดิมก่อนและหลังการเปลี่ยนแปลง

3.3.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่โดยใช้แบบจำลองดัชนี (Index Model) โดยการใช้ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weighted Overlay) แล้วจึงการวิเคราะห์ด้วยการซ้อนทับชั้นข้อมูล (Overlay)

3.3.4 วิเคราะห์แบบจำลองทางอุทกศาสตร์ (Hydrology Model Analysis) โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ทิศทางไหลของน้ำ (channel network analysis) จากแบบจำลองความสูงของภูมิประเทศ (Digital Elevation Model : DEM) ที่จัดเก็บให้อยู่ในรูปแบบตารางกริดหรือซีพ (Sieve Analysis) และการรวิเคราะห์ปัจจัยอุปสรรคขั้นต่ำหรือเทรโชด์ (Threshold Analysis) โดยแนวทางการวิเคราะห์แบบซีพที่มีตารางกริดขนาด 200X200 เมตร (กรมโยธาธิการและผังเมือง,2550) ใช้วิเคราะห์พื้นที่และเลือกบริเวณที่ความเสี่ยงของน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรมศักยภาพและความเปราะบางของพื้นที่เพื่อจากกิจกรรมที่มีผลต่อน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรมโดยคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ โดยพิจารณาข้อมูลด้านกายภาพเป็นเกณฑ์หลักที่นำมาซ้อนทับกันร่วมกับการแปลข้อมูลศักยภาพของพื้นที่ที่ร่วมกับ วิธีการประมาณค่า (Interpolated method) วิเคราะห์ข้อมูลอุทกศาสตร์ ประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์การไหลของน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ เพื่อประเมินทิศทางการไหลของน้ำ (Flow

Direction)ที่แสดงเป็นตัวเลขรหัสทิศทาง (Direction Code) ที่บ่งบอกทิศทางการไหลที่ส่งผลกระทบของน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรม ภายใต้หลักของการประเมินพื้นที่เสี่ยงและมีความเปราะบาง ความเปราะบาง (vulnerable) เป็นการเปรียบเทียบหรือการถ่วงดุลระหว่างระดับความเสี่ยง (Risk) กับคุณภาพหรือความสามารถในการปรับตัว (Effectiveness of adaptation) ซึ่งสามารถอธิบายในเชิง ความสัมพันธ์ได้ว่า Vulnerability = Risk – Adaptation (UNDP, 2004) หรือ = Risk / Coping capacityโดยที่ Risk ประเมินได้จาก Exposure (E) x Sensitivity (S)

3.3.3 การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สร้างสถานการณ์จำลองหรือภาพฉายในอนาคต (Scenarios based approach) ประเมินความเปราะบางในระบบนิเวศกับปัญหาน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรมในอนาคตภายใต้สถานการณ์ที่สภาพอากาศเปลี่ยนแปลงไป ได้แก่ คุณสมบัติของดิน ข้อมูลสภาพอากาศ ค่าสัมประสิทธ์ทางพันธุกรรม (genetic coefficient) พื้นที่เป้าหมายในพื้นที่ศึกษาในบริเวณพื้นที่ศึกษา ด้วยแบบจำลองพื้นที่ด้านการเกษตรข้อมูลเชิงตัวเลขพื้นที่ส่งผลกระทบของน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรม ต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินรวมแต่ละประเภท แล้วจึงจัดสรรพื้นที่ลงบนตารางกริดขนาด 200X200 เมตร ตามเกณฑ์การที่ได้กำหนดไว้ โดยการซ้อนทับปัจจัยที่มีผลต่อความเหมาะสมสำหรับการเพาะปลูก และ ประเมินความเปราะบางในระบบนิเวศกับปัญหาน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่ รวมทั้ง การเปลี่ยนแปลงด้านภูมิอากาศบนระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

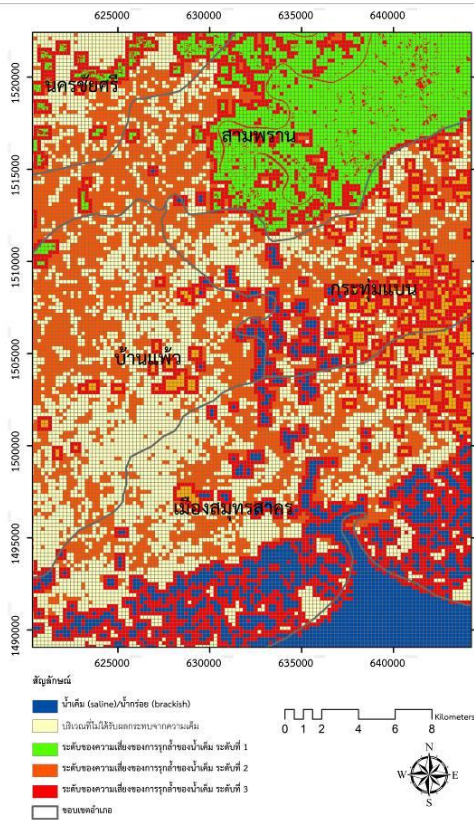
3.3.4 ประเมินความเสี่ยง ในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์ความความเสี่ยงของการน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรม ใช้วิธีการประเมินความเสี่ยงตามเชิงเวลาและเชิงพื้นที่หรือที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ที่ตอบสนองตอบ่ปรากฏการณ์น้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรม แล้วจำแนก ที่มีความสัมพันธ์ในเชิงเวลา (time scale) ในระยะสั้นๆ (weather event) หรือลักษณะการเปลี่ยนแปลงซึ่งจะมีลักษณะที่เกิดขึ้นเป็นครั้งคราวในช่วงระยะเวลา 3 ปี จากผลการวิเคราะห์ของข้อมูลดาวเทียม Landsat 8 OLI Path: 129 Row: 51 บันทึกเมื่อ 15 พฤษภาคม.2558 ข้อมูลดาวเทียม Landsat 8 OLI Path: 129 Row: 51บันทึกเมื่อ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2558 และ ข้อมูลดาวเทียม Landsat 8 OLI Path: 129 Row: 51 บันทึกเมื่อ 20 เมษายน พ.ศ. 2556 และ -ข้อมูลดาวเทียม Landsat 8 OLI Path: 129 Row: 51บันทึกเมื่อ 15 พฤษภาคม 2558 และข้อมูลช่วงเวลาประมาณ 15 ปีครอบคลุมพื้นที่ศึกษา จากข้อมูลข้อมูลดาวเทียม Landsat 8 OLI Path: 129 Row: 51บันทึกเมื่อ 15 พฤษภาคม.2558และข้อมูลดาวเทียม Landsat TM 7+ Path : 129 Row: 51บันทึกเมื่อ 25 เมษายน พ.ศ. 2543

4. ผลการวิจัย

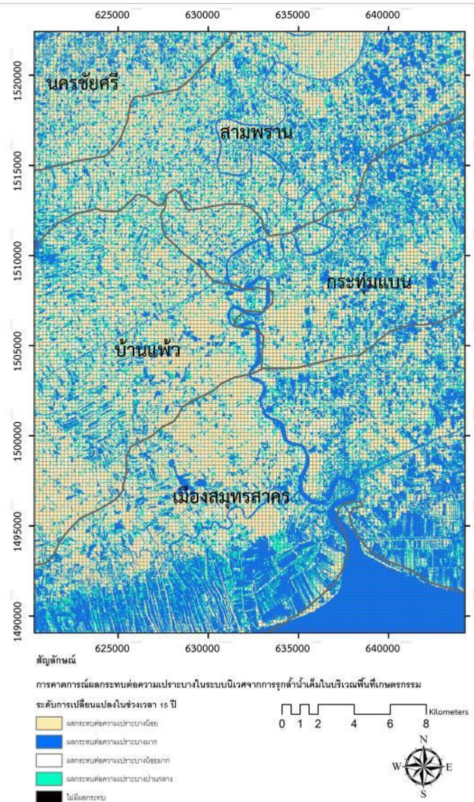
ผลลัพธ์ของการประเมินการรุกล้ำน้ำเค็มในบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมของพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีนตอนล่าง พบว่า บริเวณที่มีความความเสี่ยงของการน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรม มีดังนี้คือ

4.1 ระดับของความเสี่ยงของการรุกล้ำของน้ำเค็มจากการวิเคราะห์และประมวลผลจากข้อมูลดาวเทียม Landsat TM 7+ และ Landsat 8 OLI ร่วมกับการเก็บข้อมูลในภาคสนามพบว่าสามารถกำหนดเขตที่มีปริมาณเกลือในน้ำมากกว่า 2.0 กรัม/ลิตร มีระดับของความเสี่ยงของการรุกล้ำของน้ำเค็มอยู่ในระดับความเสี่ยงมาก ระดับที่ 3 มีกระจายตามแนวแม่น้ำท่าจีนและลำคลองสาขาตั้งแต่บริเวณ อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม จนถึงปากแม่น้ำบริเวณอำเภอเมืองสมุทรสาครมีระยะทาง 75.9 กม. เขตที่มีปริมาณเกลือในน้ำน้อยกว่า 0.5-2.0กรัม/ลิตร มีระดับของความเสี่ยงของการรุกล้ำของน้ำเค็มอยู่ในระดับเสี่ยงเล็กน้อยถึงปานกลาง ระดับที่ 2 จะกระจายต่อเนื่องกับเขตที่ระดับความเสี่ยงมากมีระยะทางตั้งแต่ 5-8 กม. และมีความเสี่ยงที่จะเกิดดินเค็ม ตั้งแต่บริเวณอำเภอบ้านแพ้วจังหวัดสมุทรสาคร จนถึงพื้นที่ตอนใต้ของ อำเภอสามพรานจังหวัดนครปฐมเป็นต้นไปพบว่าส่วนใหญ่มีความความเสี่ยงของการน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรมเล็กน้อย จนถึงไม่มีความเสี่ยงต่อการรุกล้ำน้ำเค็มพื้นที่ระยะห่างจากแหล่งน้ำผิวดินหรือเส้นทางน้ำจืดน้อยกว่าปากแม่น้ำบริเวณอำเภอเมืองสมุทรสาครและอำเภอบ้านแพ้วจังหวัดสมุทรสาคร ส่วนอำเภอกระทุมแบบ จังหวัดสมุทรสาครผลการประเมินความเสี่ยงของการรุกล้ำของน้ำเค็มอยู่ในระดับความน้อยกว่าอำเภอเมืองสมุทรสาครและอำเภอบ้านแพ้วจังหวัดสมุทรสาครดังแสดงในภาพที่ 2 (a)

4.2 ประเมินผลกระทบจากปัญหาน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรมต่อระบบนิเวศ การวิเคราะห์และประมวลผลจากข้อมูลดาวเทียม Landsat TM 7+ และLandsat 8 OLI ร่วมกับการเก็บข้อมูลในภาคสนาม พบว่า บริเวณลำคลองสาขาตั้งแต่บริเวณ อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐมมีระดับความเปราะบางในระบบนิเวศและปัญหาน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรมมากที่สุดรองลงมา พื้นที่บริเวณอำเภอบ้านแพ้วและอำเภอกระทุมแบบ จังหวัดสมุทรสาคร ส่วนอำเภอเมืองสมุทรสาคร ระดับความเปราะบางในระบบนิเวศกับปัญหาน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรมน้อยกว่าพื้นที่อื่นๆ ดังแสดงในภาพที่ 2 (b)



(a) แสดงผลการประเมินความสัมพันธ์ของความเปราะบาง ในระบบนิเวศกับปัญหาน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรม



(b) แสดงผลการประเมินความเปราะบางในระบบนิเวศ กับปัญหาน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรม

ภาพที่ 2 (a) แสดงผลการประเมินความสัมพันธ์ของความเปราะบางในระบบนิเวศกับปัญหาน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่ (b) แสดงผลการประเมินความสัมพันธ์ของความเปราะบางในระบบนิเวศกับปัญหาน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรมเกษตรกรรม

5. วิจารณ์ผลและสรุปผล

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยทีมีผลโดยตรง และปัจจัยภายนอกขอบเขตน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรมคือปัจจัยคุณภาพน้ำที่แปรผันตามระดับความเค็ม อัตราการซาบซึมของ และความเป็นพิษของธาตุบางชนิดและมีปัจจัยการผลักดันที่เกิดจากมนุษย์ที่ส่งผลโดยตรงต่อต่อการรุกล้ำของน้ำเค็มที่ทำให้ความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับดินและพืชที่ปลูกได้มากกว่าบริเวณที่มีปัจจัยการบรรเทาผลกระทบของมนุษย์เช่นแหล่งน้ำสนับจืดและรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน ที่ไม่ใช่พื้นที่ทางการเกษตร ได้แก่ แหล่งอุตสาหกรรมและชุมชน ส่วนผลการประเมินความเปราะบางในระบบนิเวศกับปัญหาน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรมพบว่าบริเวณมี่ความเสี่ยงของการเปลี่ยนแปลงความเปราะบางในระบบนิเวศกับปัญหาน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรมอัตราความรุนแรงหรือปัจจัยที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของความเปราะปางจะขึ้นอยู่กับความรู้ด้านจัดการและป้องกันการรุกล้ำของน้ำเค็มที่ที่เกิดจากมนุษย์ มากว่าปัจจัยลักษณะทางธรรมชาติและด้านชีวกายภาพ

เอกสารอ้างอิง

กรมโยธาธิการและผังเมือง.(2550). **โครงการจัดทาฐานข้อมูลและวิเคราะห์เพื่อการวางผังอนุภาค กลุ่มจังหวัด กาญจนบุรี สุพรรณบุรี นครปฐม ราชบุรี** Retrieved เมษายน 25, 2555, from: http://www.subregional-database.mouchel.co.th/pdf/04.pdf [สืบค้นวันที่ 25 เมษายน 2555]

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม. (2554). **คู่มือการใช้งาน โปรแกรมคำนวณดัชนีความล่อแหลมจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศระดับชุมชน**. Retrieved เมษายน 25, 2555, from www.tccnclimate.com/images/Program/ERCCC/Manual-ERCCC.doc

ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.(2555).**รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศและความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศในอนาคตและการปรับตัวของภาคส่วนที่สำคัญ**. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม Retrieved สิงหาคม 15, 2558, from http://www.onep.go.th/cco/CCI_PRO/iDownload/Chapter1.pdf

Jin, W. et al. (2009). Modeling a policy making framework for urban sustainability: Incorporating system dynamics into the Ecological Footprint. **Ecological Economics**. 68 (12). 2938–2949.

UNDP. (2004). **Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Developing Strategies, Policies and Measures**. Cambridge University Press, Cambridge, UK), Retrieved September 26,2015, from http://www.undp.org/content/dam/thailand/docs/SNC%20Vol%202_Impacts%20of%20CC.pdf

การเปรียบเทียบพื้นที่เหมาะสมในการฝังกลบของเสียที่คำนวณจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กับโปรแกรมเชิงเส้น กรณีศึกษาจังหวัดมหาสารคาม

A Comparison of Suitable Landfill Areas as a Result of GIS with Linear Programming: A Case Study of Mahasarakham province

จิราพร ภาษี ปฏิวัติ ฤทธิเดช นฤเศรษฐ์ ประเสริฐศรี และ สุทธิดา เหล่าวอ

JIraporn Prasi, Patiwat Littidej, Naruset Prasertsri, Sutthida laowo

หลักสูตร ภูมิสารสนเทศ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

โทรศัพท์ 083-7286778 E-mail: Huktoom@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบพื้นที่เหมาะสมในการฝังกลบขยะในพื้นที่จังหวัดมหาสารคามที่คำนวณได้จากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กับที่คำนวณได้จากการโปรแกรมเชิงเส้น โดยมีขอบเขตการศึกษาภายใต้หลักเกณฑ์การคัดเลือกที่ตั้งสถานที่ฝังกลบกากของเสียที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ ตามระยะห่างจากเขตโรงเรียน, ชุมชน, ถนนสายหลัก, แหล่งน้ำผิวดิน, แม่น้ำและแหล่งน้ำสาธารณะ, โบราณสถาน, บ่อน้ำบาดาล, ข้อมูลชุดหิน, ไม่อยู่บนพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม, อัตราการซึมผ่านได้ของน้ำในดิน,ข้อมูลชุดดิน, ระยะห่างจากบ่อน้ำบาดาล, การใช้ประโยชน์ที่ดิน ควรเลือกสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เป็นที่รกร้างว่างเปล่าไม่มีการใช้ประโยชน์ผลการศึกษาพบว่าค่าใช้จ่ายในการขนส่งขยะจากแต่ละตำบลไปยังจุดพื้นที่เหมาะสมที่ได้จากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีระยะทางในการขนส่งที่มากกว่าพื้นที่เหมาะสมที่ได้จากการโปรแกรมเชิงเส้น

คำสำคัญ: พื้นที่เหมาะสมในการฝังกลบขยะ, ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์, การวิเคราะห์โครงข่าย, โปรแกรมเชิงเส้น

Abstract

This study aims to compare the suitable areas for landfill waste in Mahasarakham province resulting from Geographic Information System (GIS) with Linear Programming (LP). To study the analysis scope under define of selecting location for secure waste regulation by Pollution control Department (PCD) as flow; distance from school, community areas, main streets, surface water or stream/public water sources, historical sites, levels of ground water, rock type, flood risk area, infiltration rate, soil type, distance from groundwater wells. Land use and land issue situation is no use must be open space or waste area. The study found that, the cost of waste transportation from each sub district to suitable sites resulting from GIS analysis is higher than from linear programming.

Keywords: Landfill site selection, Geographic Information System, Network Analysis, Linear programming

บทนำ

ปัจจุบันมีการขยายตัวของชุมชน เมือง เศรษฐกิจ มากขึ้น จำนวนประชากรเริ่มหนาแน่น เศษขยะมูลฝอยจากการอุปโภคบริโภคของมนุษย์ก็เพิ่มขึ้นตาม ซึ่งการจัดการขยะมูลฝอยในปัจจุบันมีทั้งการจัดการขยะที่มีบ่อฝังกลบที่ถูกหลักและไม่ถูกหลักสุขาภิบาล ซึ่งการฝังกลบแบบไม่ถูกหลักทำให้เกิดปัญหาส่งผลกระทบหลายๆ ด้าน เช่น มลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศ เป็นต้น ที่สำคัญคือปัญหามลพิษ เนื่องจากขยะมูลฝอยเป็นของเน่าเสีย เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของแมลงนำโรค และส่งกลิ่นเหม็นทำให้เกิดความรำคาญไปยังชุมชนที่อยู่บริเวณรอบๆ และการตั้งพื้นที่ฝังกลบที่ไม่มีความเหมาะสม ก็จะส่งผลต่อสภาพแวดล้อม ทัศนียภาพ และสังคม โดย โรธนา (2545) ได้ทำการแบ่งขั้นตอนการเลือกพื้นที่ออกเป็นการหาขนาดของพื้นที่ที่เหมาะสมในการฝังกลบขยะมูลฝอยที่สามารถรองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากประชากรในระยะเวลา 20 ปี คำนวณหาขนาดพื้นที่ฝังกลบโดยใช้ปริมาณขยะที่ประเมินไว้เป็นเกณฑ์ และการหาพื้นที่ศักยภาพ โดยการนำระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) มาวิเคราะห์ปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ ความลาดชัน แหล่งน้ำผิวดิน แหล่งน้ำใต้ดิน ลักษณะทางธรณีวิทยา พื้นที่เสี่ยงต่อภาวะน้ำท่วม แหล่งชุมชน การใช้ที่ดิน การคมนาคม ทำการหาความเหมาะสมของด้วยวิธี positive/negative-mapping วรัญญา (2549) กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกพื้นที่เหมาะสมในการฝังกลบขยะมูลฝอยโดยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กำหนดระดับความสำคัญของปัจจัย 11 ปัจจัย คือ พื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1และ 2 แหล่งโบราณสถาน แหล่งน้ำผิวดิน ชุมชนและสถานที่สำคัญ ถนนสายหลัก สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน ลักษณะดินสมรรถนะของ ระดับน้ำใต้ดิน บ่อน้ำบาดาล ศมลวรรณ (2554) ได้ศึกษาเกณฑ์ 8 เกณฑ์ คือ ระยะทางจากจุดกำเนิดขยะ ห่างจากถนนหลัก ไม่ควรมีความลาดชัน 3% ควรมีดินที่มีการระบายน้ำได้ต่ำ ห่างจากแหล่งน้ำผิวดินมีน้ำใต้ดินทางลึกมากกว่า 20 เมตร อยู่ห่างจากชุมชน และดินควรเป็นดินรกร่าง นำเกณฑ์มาสร้างแบบจำลอง นำมาวิเคราะห์ด้วย ArcGIS แล้วนำมาประมาณขยะในอนาคต คำนวณหาขนาดของพื้นที่ฝังกลบที่เหมาะสม สุภกิณห์ (2545) ได้นำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ Arc View GIS Version 3.1 มาใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการเลือกสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย และนำมาออกแบบเส้นทางเดินรถเก็บขยะมูลฝอยที่เหมาะสม วนิดา(2547) ใช้คำสั่ง ALLOCATE ในมอดูล ARCPLOT ของโปรแกรม Arc/Info เพื่อแบ่งพื้นที่รับผิดชอบในแต่ละคันรถ นำมาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดเส้นทางเดินรถด้วยฟังก์ชัน Find Best Route ของโปรแกรม Arc View Network Analyst

จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้ในการซ้อนทับหาพื้นที่เหมาะสม ผู้ศึกษาจึงมีแนวคิดนำการวิเคราะห์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบโปรแกรมเชิงเส้น Linear Programming (LP) มาช่วยในการวิเคราะห์จัดสรรเส้นทางการขนส่งขยะของเสีย ในการศึกษา ได้ยึดหลักเกณฑ์ข้อกำหนดจากกรมควบคุมมลพิษโดยนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เข้ามาวิเคราะห์หาพื้นที่เหมาะสมต่อการฝังกลบขยะของเสีย และนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการขนส่งมาใช้ในการจัดสรรการขนส่งขยะมูลฝอย จากนั้นจึงเปรียบเทียบหาค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่น้อยที่สุด จากการวิเคราะห์ด้วยเมทตริกซ์ค่าใช้จ่าย (OD Cost Matrix) ผลจากการวิเคราะห์สามารถนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้นำไปใช้ในการวางแผนเกี่ยวกับขยะมูลฝอยในอนาคตได้

2. วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของพื้นที่เหมาะสมในการฝังกลบขยะในพื้นที่จังหวัดมหาสารคามที่คำนวณได้จากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) กับการใช้โปรแกรมเชิงเส้นlinear programming (LP)

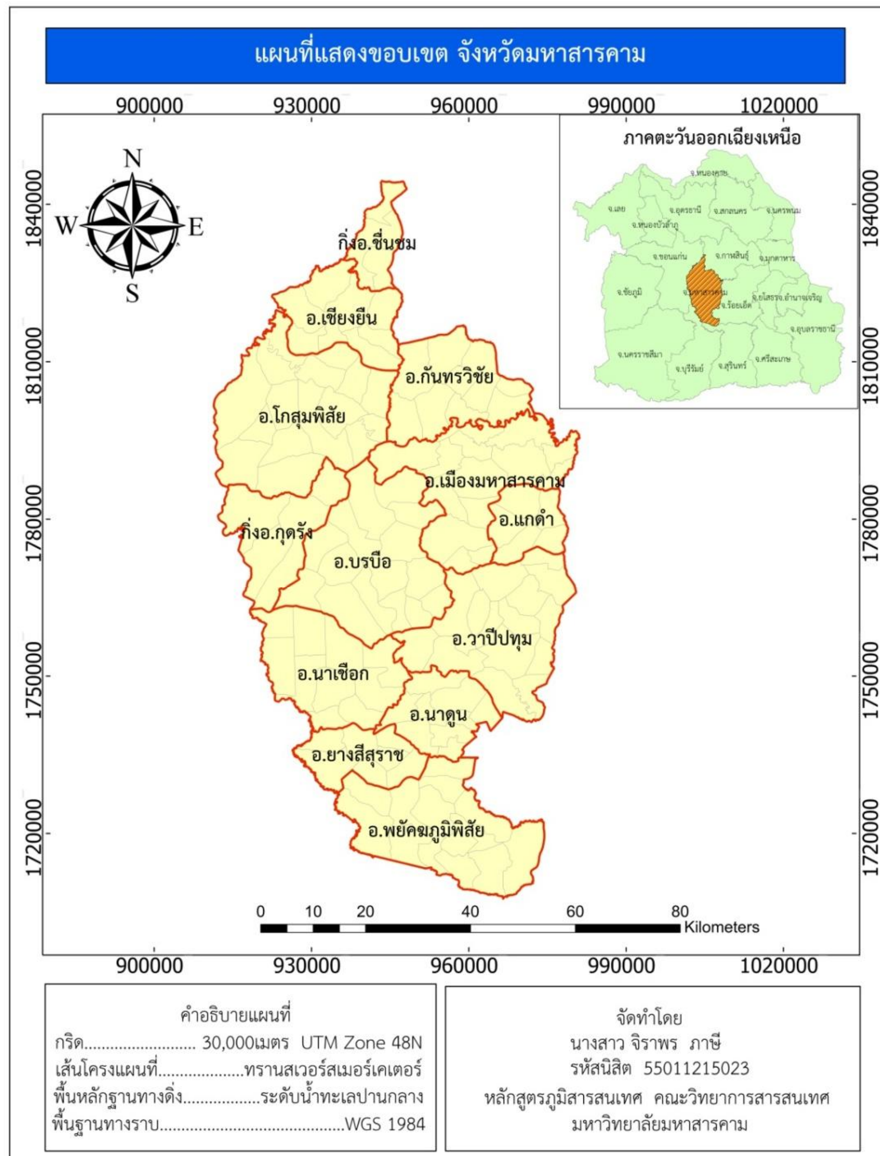
3. ขอบเขตการศึกษา

3.1 ขอบเขตด้านข้อมูล

- ศึกษาพื้นที่เหมาะสมในการฝังกลบขยะมูลฝอย
- ศึกษาหาเส้นทางการขนส่งขยะที่มีค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้อยที่สุด

3.2 ขอบเขตของพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาครอบคลุมจังหวัดมหาสารคาม แบ่งออกเป็น 13 อำเภอ มีพื้นที่ทั้งหมด 5,291.683 กิโลเมตร



ภาพที่ 1 แผนที่จังหวัดมหาสารคาม

4. วิธีดำเนินการ

การรวบรวมข้อมูล

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เป็นระบบที่ใช้ในการจัดการฐานข้อมูลในเชิงพื้นที่และเชิงคุณลักษณะ โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วย เพื่ออำนวยความสะดวกมากขึ้น เพื่อใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น การวางแผนจัดการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรการป้องกันภัยทางธรรมชาติ

ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) ได้นำข้อมูลโรงเรียน ข้อมูลชุมชน ข้อมูลแม่น้ำ ข้อมูลถนนสายหลัก ข้อมูลโบราณสถาน ข้อมูลแหล่งน้ำผิวดิน ข้อมูลชุดดิน ข้อมูลน้ำบาดาล ข้อมูลชุดหิน ข้อมูลพื้นเสี่ยงน้ำท่วม และข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยกำหนดค่าความสำคัญของปัจจัยซึ่งยึดตามหลักข้อกำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ

- ปัจจัยข้อมูลโรงเรียน ควรห่างออกจากแหล่งฝังกลบไม่น้อยกว่า 1000 เมตร
- ปัจจัยข้อมูลชุมชน ควรห่างออกจากแหล่งฝังกลบไม่น้อยกว่า 1000 เมตร

- ปัจจัยข้อมูลแม่น้ำ ควรห่างจากแหล่งฝังกลบไม่น้อยกว่า 700 เมตร
- ปัจจัยข้อมูลถนนสายหลัก ควรห่างจากแหล่งฝังกลบไม่น้อยกว่า 300 เมตร
- ปัจจัยข้อมูลโบราณสถาน ควรห่างจากแหล่งฝังกลบไม่น้อยกว่า 1000 เมตร
- ข้อมูลแหล่งน้ำผิวดิน ควรห่างจากแหล่งฝังกลบไม่น้อยกว่า 700 เมตร
- ปัจจัยข้อมูลชุดดิน ควรเลือกชุดดินที่เป็นดินเหนียวเพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำชะขยะ
- ปัจจัยข้อมูลน้ำบาดาลควรเลือกแหล่งน้ำบาดาลที่มีคุณภาพน้ำต่ำ
- ปัจจัยข้อมูลชุดหิน ควรเลือกชุดหินที่น้ำซึมผ่านได้น้อยเพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำชะขยะ
- ปัจจัยข้อมูลพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม ควรเลือกพื้นที่ที่น้ำไม่ท่วมถึง
- ปัจจัยข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ควรเลือกสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เป็นที่รกร้างว่างเปล่าไม่มีการใช้ประโยชน์

จัดลำดับและกำหนดค่าคะแนนความสำคัญเพื่อใช้ในการคำนวณและประมวลผลโดยใช้วิธีการซ้อนทับ และใช้ชุดคำสั่ง Raster Calculator ในโปรแกรมของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGIS เมื่อวิเคราะห์พื้นที่เหมาะสมสำหรับฝังกลบขยะมูลฝอย จากนั้นนำพื้นที่ดังกล่าวมากำหนดเป็นจุดฝังกลบขยะทางเลือก และถูกนำมาแปลงเป็นข้อมูลจุด (Points) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์โครงข่าย โดยใช้ฟังก์ชัน OD Cost Matrix และจะทำการจัดสรรเส้นทางการขนส่งขยะที่เหมาะสมด้วยการโปรแกรมเชิงเส้น ด้วยแบบจำลองการขนส่งพื้นฐานและใช้การโปรแกรมเชิงเส้นในการหาคำตอบ การวิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบหลายวัตถุประสงค์ที่ใช้ในการจัดการขนส่งขยะ Linear Programming (LP) มีรูปแบบของสมการดังนี้

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

$$MinZ = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{M} C_{ij} X_{ij} \dots\dots\dots.\dots\dots..(1)$$

ฟังก์ชันข้อจำกัด

$$\sum_{i=1}^{N} X_{ij} = C_j \forall: j \dots\dots\dots\dots.\dots\dots..(2)$$

$$\sum_{j=1}^{M} X_{ij} = S_i \forall: i \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots..(3)$$

$$X_{ij} \geq 0 \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots..\dots .(4)$$

โดยที่ C_{ij} = ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการขนส่งจากจุดพักขยะ i ไปยังจุดฝังกลบ j

X_{ij} = ปริมาณการขนส่งขยะจากจุดพักขยะ i ไปยังจุดฝังกลบ j

C_j = ปริมาณความจุของจุดฝังกลบ j

S_i = ปริมาณขยะที่เกิดจากจุดพักขยะ i

ในการวิเคราะห์ Linear programming (LP) ได้นำปัจจัยมาใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ จำนวนขยะที่เกิดในพื้นที่ และข้อจำกัดบ่อในการบรรจุปริมาณขยะ โดยจะใช้สูตรในการหาจำนวนขยะที่เกิดในพื้นที่ คือ

$$\frac{\text{จำนวนประชากรในพื้นที่ทั้งหมด x 1.2}}{1000}$$

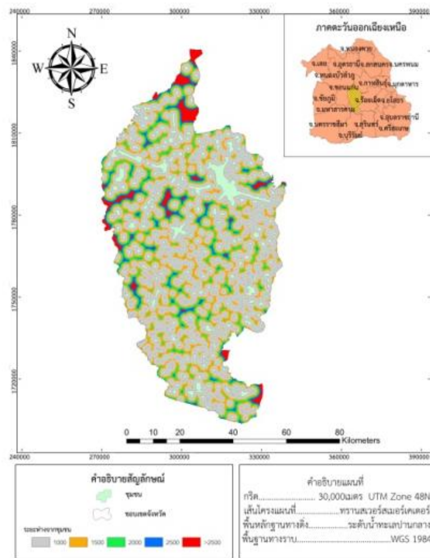
การหาข้อจำกัดบ่อในการบรรจุปริมาณขยะ โดยได้ยึดตามการประเมินราคาระบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (กนกศักดิ์ เอี่ยมโอภาสม,ม.ป.ป.)

- ขนาดของระบบ 50 ตัน/วัน ระยะเวลาฝังกลบ 20 ปี พื้นที่รวม 74 ไร่ค่าลงทุน 93 ล้านบาท
- ขนาดของระบบ 100 ตัน/วันระยะเวลาฝังกลบ 20 ปีพื้นที่รวม 105 ไร่ค่าลงทุน 133 ล้านบาท

5. ผลการศึกษา

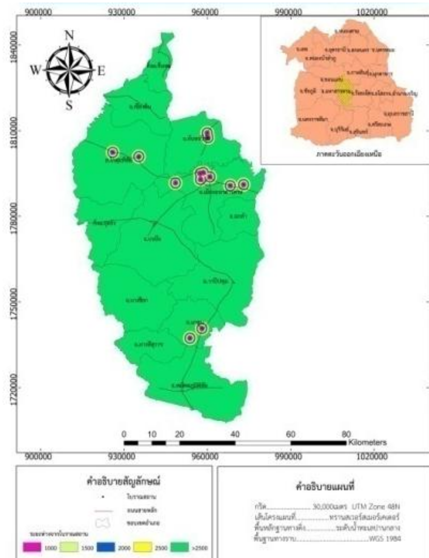
5.1 การวิเคราะห์ด้วยระยะใกล้เคียง (Proximity analysis)

จากการวิเคราะห์จากระบบสารสนเทศภูมิสตร์โดยใช้เกณฑ์ของ กรมควบคุมมวลพิษมาวิเคราะห์ด้วยการหาระยะใกล้เคียง (Proximity analysis) และให้ค่าคะแนนของแต่ละพื้นที่กันชน (Buffer) เป็น 1-5 และทำการซ้อนทับด้วยวิธีการทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ผลการศึกษาแสดงตามภาพที่ 2-1 ถึง 2-11 และพื้นที่เหมาะสมในการฝังกลบแสดงในภาพที่ 3



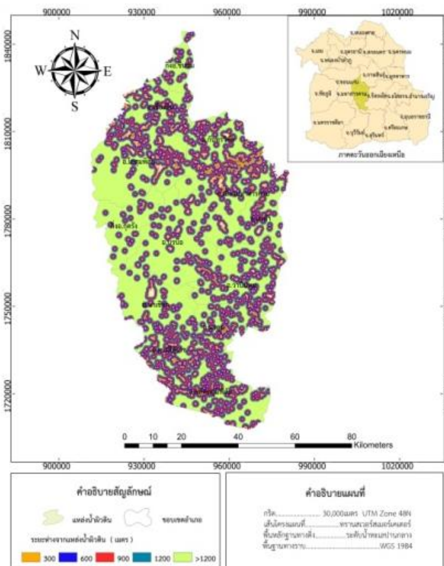
ภาพที่ 2-1 ปัจจัยชุมชน

ระยะห่างจากเขตชุมชนตั้งแต่ 2500 เมตรขึ้นไป มีความเหมาะสมสูงสุด ค่าความเหมาะสมจะลดลงเรื่อยๆ ตามระยะห่างที่ใกล้เขตชุมชน เพื่อป้องกันปัญหาด้านมลพิษสู่ชุมชน โดยนำมาวิเคราะห์แล้วได้พื้นที่เหมาะสมสูงสุด รวมทั้งจังหวัด 165.37 ตารางกิโลเมตร

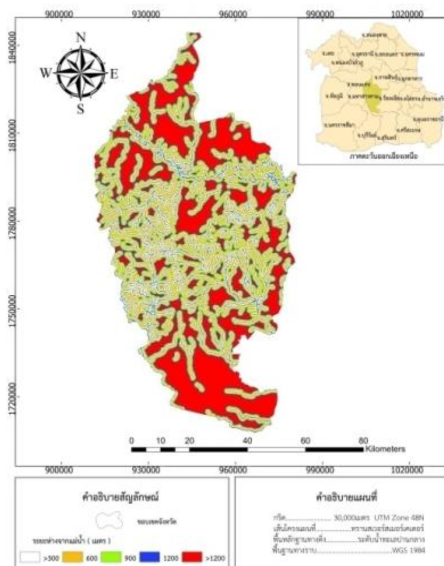


ภาพที่ 2-2 ปัจจัยโบราณสถาน

ระยะห่างจากเขตถนนสายหลัก ตั้งแต่ 2500 เมตรขึ้นไป มีความเหมาะสมสูงสุดค่าความเหมาะสมจะลดลงเรื่อยๆตามระยะห่างที่ใกล้เขตถนนสายหลัก เพื่อป้องกันปัญหาด้านทัศนียภาพของโบราณสถาน โดยนำมาวิเคราะห์แล้วได้พื้นที่เหมาะสมสูงสุด รวมทั้งจังหวัด 4800.30 ตารางกิโลเมตร

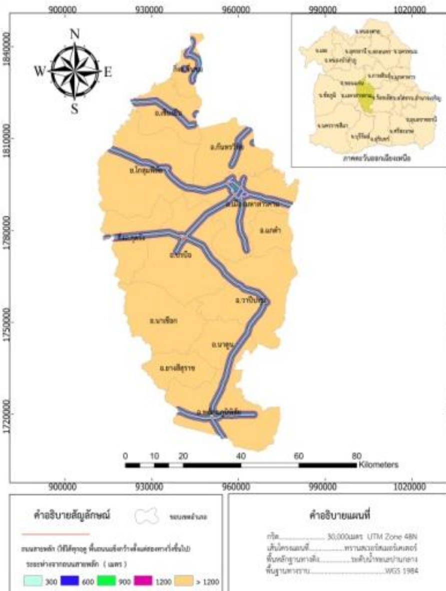


ภาพที่ 2-3 ปัจจัยแหล่งน้ำผิวดิน



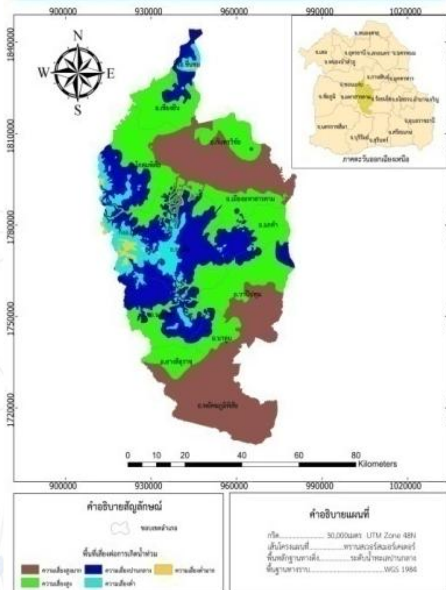
ภาพที่ 2-4 ปัจจัยแม่น้ำ

ระยะห่างจากแหล่งน้ำผิวดิน มากกว่า 1200 เมตรมีความเหมาะสมสูงสุดค่าความเหมาะสมจะลดลงเรื่อยๆ ตามระยะห่างที่ใกล้แหล่งน้ำผิวดิน เพื่อป้องกันขยะมูลฝอยหรือน้ำชะขยะมูลฝอยไหลลงสู่แหล่งน้ำผิวดินโดยนำมาวิเคราะห์แล้วได้พื้นที่เหมาะสมสูงสุด รวมทั้งจังหวัด 2481.56 ตารางกิโลเมตร



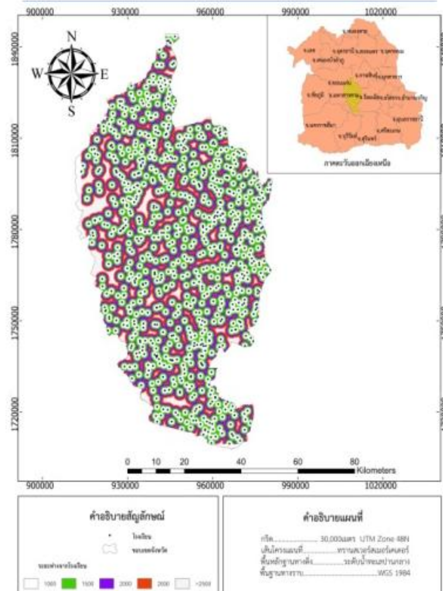
ภาพที่ 2-5 ปัจจัยถนนสายหลัก

ระยะห่างจากถนนสายหลัก ตั้งแต่ 1200 เมตรขึ้นไปมีความเหมาะสมสูงสุดและความเหมาะสมจะลดลงตามระยะห่างที่ใกล้ถนนสายหลักเพื่อป้องกันการรบกวนการจราจรรวมถึงปัญหาด้านทัศนียภาพโดยนำมาวิเคราะห์แล้วได้พื้นที่เหมาะสม 4800.30 ตารางกิโลเมตร



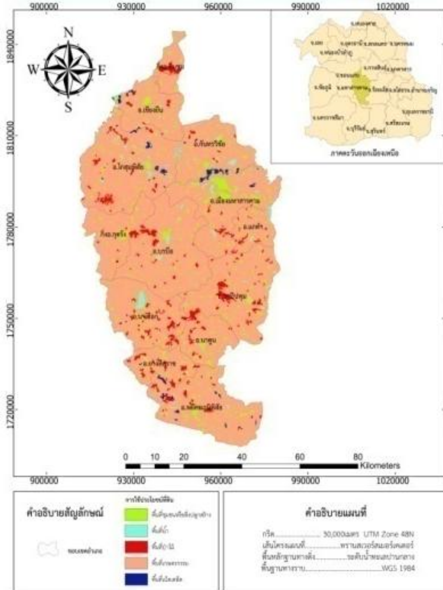
ภาพที่ 2-7ปัจจัยพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม

ระยะห่างจากแม่น้ำ มากกว่า1200 เมตรขึ้นไปมีความเหมาะสมสูงสุดค่าความเหมาะสมจะลดลงเรื่อยๆ ตามระยะห่างที่ใกล้แม่น้ำ เพื่อป้องกันขยะมูลฝอยหรือน้ำชะขยะมูลฝอยไหลลงสู่แม่น้ำ โดยนำมาวิเคราะห์แล้วได้พื้นที่เหมาะสมสูงสุด รวมทั้งจังหวัด 2481.56 ตารางกิโลเมตร



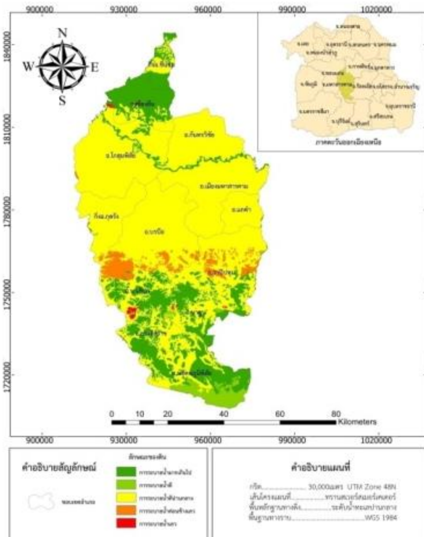
ภาพที่ 2-6 ปัจจัยโรงเรียน

ระยะห่างจากโรงเรียน ตั้งแต่ 2500 เมตรขึ้นไป มีความเหมาะสมสูงสุด และความเหมาะสมจะลดลงตามระยะห่างที่ใกล้โรงเรียน เพื่อป้องกันปัญหามลพิษ และทัศนียภาพ โดยนำมาวิเคราะห์แล้วได้พื้นที่เหมาะสม 285.54 ตารางกิโลเมตร



ภาพที่ 2-8 ปัจจัยการใช้ประโยชน์ที่ดินที่รกร้างว่างเปล่า

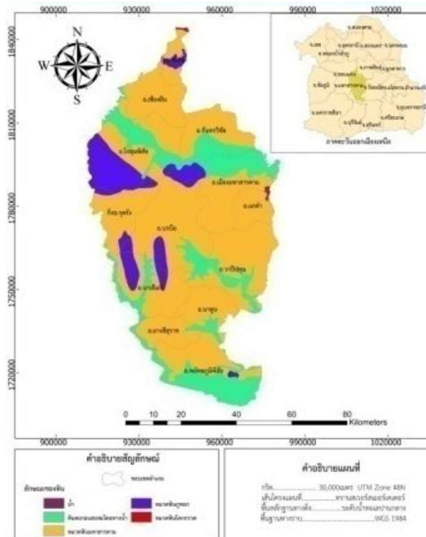
พื้นที่มีความเสี่ยงต่ำมาก มีความเหมาะสมสูงสุด และ พื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงมาก มีความเหมาะสมต่ำสุด เพื่อป้องกันน้ำท่วมพื้นที่ฝังกลบขยะ โดยนำมาวิเคราะห์ได้ พื้นที่เหมาะสมสูงสุด รวมทั้งจังหวัด 45.68 ตารางกิโลเมตร



ภาพที่ 2-9 ปัจจัยลักษณะของดิน

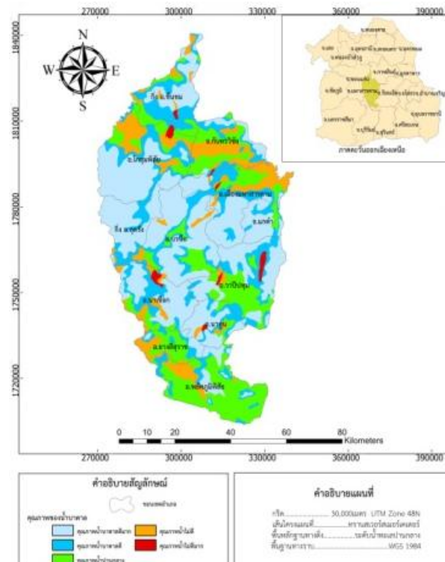
การระบายน้ำเลว (ดินเหนียว) มีความเหมาะสมสูงสุดเพราะเป็นดินที่มีอัตราการไหลซึมต่ำที่สุดซึ่งช่วยให้น้ำชะขยะมูลฝอยไหลซึมได้ยาก โดยนำมาวิเคราะห์ได้ พื้นที่เหมาะสมสูงสุด รวมทั้งจังหวัด 13.39 ตารางกิโลเมตร

มีความเหมาะสมสูงสุดและชุมชนมีความเหมาะสมต่ำสุดแสดงให้เห็นว่าควรเลือกใช้พื้นที่ที่ไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับประชาชน พื้นที่เหมาะสมสูงสุดรวมทั้งจังหวัด 39.27 ตารางกิโลเมตร

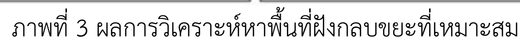


ภาพที่ 2-10 ปัจจัยลักษณะหิน

ควรเลือกชั้นหินที่มีน้ำซึมผ่านได้น้อยเพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำชะขยะมูลฝอย นำมาวิเคราะห์ได้พื้นที่เหมาะสมสูงสุด 3.97ตารางกิโลเมตร



ภาพที่ 2-11 ปัจจัยลักษณะของน้ำบาดาล เลือกพื้นที่มีคุณภาพของน้ำบาดาลต่ำเพราะเกิดการปนเปื้อนของสารในน้ำบาดาลพื้นที่ส่วนนั้นไม่สามารถนำน้ำมาใช้ได้ ได้พื้นที่เหมาะสมสูงสุด 55.52 ตารางกิโลเมตร



ภาพที่ 3 ผลการวิเคราะห์หาพื้นที่ฝังกลบขยะที่เหมาะสม

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบซ้อนทับ ได้พื้นที่เหมาะสมสำหรับฝังกลบขยะกระจายทั่วทุกอำเภอของจังหวัดมหาสารคาม มีพื้นที่เหมาะสม 525.12 ตารางกิโลเมตร และอำเภอที่มีพื้นที่ความเหมาะสมมากที่สุด ได้แก่ อำเภอโกสุมพิสัย มีพื้นที่ 162.57 ตารางกิโลเมตร โดยค่าที่เหมาะสมสูงสุดจะแสดงให้เห็นเป็นพื้นที่สีน้ำเงิน ส่วนค่าที่เหมาะสมต่ำสุดจะแสดงออกเป็นพื้นที่สีน้ำตาล (ดังรูปภาพที่ 3)

การใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการหาพื้นที่เหมาะสมจากการวิเคราะห์เบื้องต้นพบว่า แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 5 ช่วง ได้แก่ พื้นที่เหมาะสมที่สุดมีพื้นที่ 525.12 ตารางกิโลเมตร พื้นที่เหมาะสมมีพื้น 1187.11 ตารางกิโลเมตร พื้นที่เหมาะสมปานกลางมีพื้นที่ 1458.38 ตารางกิโลเมตร พื้นที่เหมาะน้อยมีพื้นที่ 1936.64 ตารางกิโลเมตร พื้นที่เหมาะสมน้อยที่สุดมีพื้นที่ 476.92 ตารางกิโลเมตร และได้แบ่งพื้นที่เหมาะสมออกเป็นรายอำเภอโดยแต่ละอำเภอจะได้จุดฝังกลบขยะที่เหมาะสมที่สุดอำเภอละ 5 จุด ให้มาซึ่งการวิเคราะห์หาระยะทางการขนส่งขยะไปยังจุดฝังกลบที่เหมาะสมที่สุด

5.2 การคัดเลือกพื้นที่เหมาะสมสำหรับฝังกลบขยะ (Candidate sites of land fill)

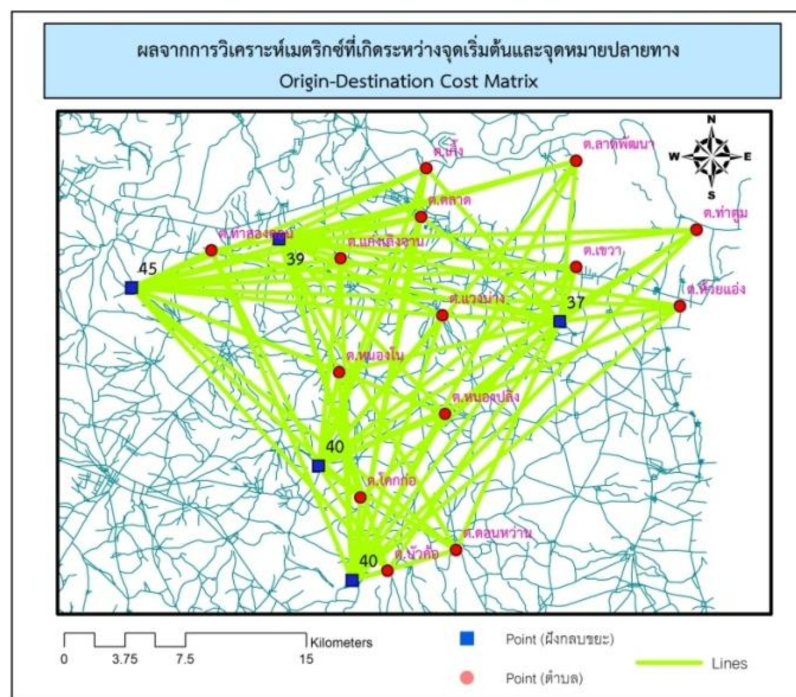
ในการวิเคราะห์จากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้พื้นที่เหมาะสมมาเป็นจุดฝังกลบขยะทางเลือก โดยผู้วิจัยจะคัดเลือกพื้นที่ฝังกลบขยะที่เหมาะสมที่สุดออกมาอำเภอละ 5 จุดที่มีคะแนนของการซ้อนทับสูงที่สุดเพื่อนำมาใช้เป็นจุดทางเลือกในการ

วิเคราะห์ด้วยการโปรแกรมเชิงเส้นโดยยกตัวอย่างอำเภอเมืองในตารางที่ 1 แสดงจุดที่ดีที่สุด 5 จุดคือ ที่เรียงตามลำดับคะแนน โดยภาพที่ 5 แสดงเป็นเส้นกระจัดของเมทริกซ์ระยะทางมีหน่วยเป็นกิโลเมตรเป็นระยะทางจากจุดเริ่มต้น (จุดตำบล) ไปยังจุดปลายทาง (5 จุดทางเลือก)

การวิเคราะห์ด้วย OD-Cost Matrix ยังไม่สามารถจัดสรรปริมาณขยะได้ดี เนื่องจากการวิเคราะห์ด้วย OD-Cost Matrix วิเคราะห์เพียงเส้นระยะทางที่สั้นที่สุด แต่ยังไม่สามารถคำนวณปริมาณการขนส่งไปยังบ่อฝังกลบทางเลือกได้

ตารางที่ 1 แสดงระยะทางระหว่าง Point (ตำบล) กับ Point (บ่อฝังกลบ) ของอำเภอเมือง

หมายเลขจุดและคะแนน / ตำแหน่ง	A(37)	B(39)	C(40)	D(40)	E(45)
ต.ลาดพัฒนา	12.60	10.13	25.95	19.62	19.73
ต.เกิ้ง	10.78	8.90	22.93	16.69	18.48
ต.ตลาด	10.22	25.90	30.48	27.64	35.23
ต.ท่าตูม	14.16	3.98	19.97	12.94	13.09
ต.แก่งเลิงจาน	22.06	4.27	22.24	14.93	5.46
ต.ท่าสองคอน	3.52	18.50	23.88	20.18	27.61
ต.เขวา	7.30	11.17	17.35	12.08	19.35
ต.แวงน่าง	7.51	25.20	26.50	24.50	34.03
ต.ห้วยแอ่ง	14.05	9.04	12.93	5.95	13.90
ต.หนองโน	9.14	14.94	11.81	8.47	20.96
ต.หนองปลิง	16.50	16.78	5.16	3.24	19.25
ต.โคกก่อ	15.57	22.18	6.71	10.00	25.88
ต.ดอนหว่าน	18.80	21.62	2.26	7.78	23.66
ต.บัวค้อ	10.00	19.06	29.48	24.75	28.68



ภาพที่ 5 การเดินทางจากจุดเริ่มต้น (ตำแหน่งตำบล) ไปจุดปลายทาง (หมายเลขบ่อฝังกลบ) เส้นทางกระจัดของฟังก์ชัน OD-Cost Matrix ของอำเภอเมือง

5.3 การโปรแกรมเชิงเส้นเพื่อจัดสรรปริมาณขยะ (Linear programming for waste allotment)

เนื่องด้วยการวิเคราะห์ระยะทางจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ 5 จุด ยังไม่สามารถจัดสรรปริมาณขยะได้ดีที่สุด จึงได้นำโปรแกรมเชิงเส้นมาช่วยในการจัดสรรปริมาณขยะให้มีความถูกต้องและสนับสนุนการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มากยิ่งขึ้น

การโปรแกรมเชิงเส้นใช้เครื่องมือ Solver ใน Microsoft Excel นำมาใช้ในการหาคำตอบการจัดสรรเส้นทางการขนส่งขยะมูลฝอย กำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือต้องการหาค่าระยะทางในการขนส่งน้อยที่สุดฟังก์ชันข้อจำกัดเป็นปริมาณในการการรับขยะได้ของแต่ละบ่อทางเลือกและปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละตำบล ผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงดังตารางที่ 2 ปริมาณการขนส่งและได้ระยะทางการขนส่งขยะที่เหมาะสมเฉพาะในเขตอำเภอเมืองมหาสารคาม

ตารางที่ 2 เมทริกซ์ของปริมาณการขนส่งขยะจากจุดต้นทางไปยังตำแหน่งบ่อขยะที่เหมาะสมในด้านค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดของอำเภอเมือง

ลำดับความเหมาะสม ตำแหน่ง	A(39)	B(45)	C(37)	D(40)	E(40)	S_i		ปริมาณขยะที่เกิดขึ้น (ตัน)
ต.ลาดพัฒนา	0.00	3.41	5.54	0.00	0.00	8.95	=	8.95
ต.เกิ้ง	0.00	11.04	0.00	0.00	0.00	11.04	=	11.04
ต.ตลาด	0.00	47.75	0.00	0.00	0.00	47.75	=	47.75
ต.ท่าตูม	0.00	6.30	0.00	0.00	0.00	6.30	=	6.30
ต.แก่งเลิงจาน	8.23	1.50	0.00	0.00	0.00	9.74	=	9.74
ต.ท่าสองคอน	15.98	0.00	0.00	0.00	0.00	15.98	=	15.98
ต.เขวา	17.70	0.00	0.00	0.00	0.00	17.70	=	17.70
ต.แวงน่าง	10.59	0.00	0.00	0.00	0.00	10.59	=	10.59
ต.ห้วยแอ่ง	4.39	0.00	0.00	0.00	0.00	4.39	=	4.39
ต.หนองโน	7.02	0.00	0.00	0.00	0.00	7.02	=	7.02
ต.หนองปลิง	6.09	0.00	0.00	0.00	0.00	6.09	=	6.09
ต.โคกก่อ	0.00	0.00	0.00	0.00	9.78	9.78	=	9.78
ต.ดอนหว่าน	0.00	0.00	0.00	0.00	5.99	5.99	=	5.99
ต.บัวค้อ	0.00	0.00	0.00	0.00	6.67	6.67	=	6.67
C_j	70.00	70.00	5.54	0.00	22.44			
	=	=	=	=	=			
ข้อจำกัดบ่อ (ตัน)	70	70	70	70	70			

5.4 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ (Result comparison)

จะใช้การวิเคราะห์แบบOD Cost matrixในการวัดระยะทางจาก Point (ตำบล) ไปยังจุดฝังกลบที่ดีที่สุดของจุดที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการหาค่าใกล้เคียง (Proximity analysis) และผลจากการโปรแกรมเชิงเส้น โดยมีระยะทางรวมของแต่ละอำเภอเป็น 1,993.21 กิโลเมตร ส่วนการวิเคราะห์จากโปรแกรมเชิงเส้น มีระยะทางรวม 1,615.91กิโลเมตรตามลำดับซึ่งมีระยะทางที่สั้นกว่า 377.3 กิโลเมตร ดังแสดงดังตารางที่ 3

การวิเคราะห์โปรแกรมเชิงเส้น ได้นำตำแหน่งที่เหมาะสมที่ได้จากการคัดเลือก 5 จุด เรียงตามความเหมาะสม ผลที่ได้สามารถจัดสรรระยะทางกับปริมาณการขนส่งขยะโปรแกรมเชิงเส้นสามารถจัดสรรการขนส่งได้จริง เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการหาความใกล้เคียง (Proximity analysis) ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ให้ผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน โดยเส้นทางการขนส่งมีความแตกต่างกันด้วย ซึ่งผลที่ได้จากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ไม่สามารถวิเคราะห์ผลได้ละเอียดและแม่นยำเท่ากับการโปรแกรมเชิงเส้น เพราะ GIS เลือกบ่อฝังกลบที่ดีที่สุดจากปัจจัยเชิงพื้นที่แต่มีระยะทางในการขนส่งไกลกว่า ส่วนการโปรแกรม

เชิงเส้นการกำหนดข้อจำกัดของปริมาณการรับส่งขยะ รวมทั้งเมทริกซ์ระยะทางรวมในการวิเคราะห์ของแบบจำลองการขนส่งด้วยทำให้สามารถจัดสรรปริมาณขยะในการขนส่งให้เหมาะสมให้มีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดได้

เนื่องจากกว่าจุดที่ดีที่ของของวิธีการ GIS ที่ถูกเลือกนำมาทดสอบค่าใช้จ่าย ผู้วิจัยเลือกนำมาแค่จุดที่มีคะแนนสูงสุดจากการซ้อนทับ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วความจุของบ่อขยะ 1 บ่อไม่สามารถตอบสนองความต้องการของปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในทุกๆตำบลของบางอำเภอ เช่น อำเภอพยัคภูมิพิสัย และอำเภอเมืองมหาสารคามได้ดังนั้นแบบจำลองการขนส่งและการโปรแกรมเชิงเส้นจึงสามารถวิเคราะห์ของตำแหน่งทางเลือกที่มีคะแนนใกล้เคียงกับจุดที่ดีที่สุด แต่สามารถขนส่งโดยให้ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดได้ และเป็นจุดที่เสนอเป็นบ่อฝังกลบเพื่อสามารถรับปริมาณขยะที่จะเกินความจุ

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบระยะทางค่าใช้จ่ายของทั้งสองวิธี

อำเภอ	ระยะทางรวมจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีระยะใกล้เคียง (Proximity analysis) (จุดที่มีคะแนนการซ้อนทับมากที่สุด) (กิโลเมตร)	ระยะทางรวมจากการวิเคราะห์แบบ linear programming (กิโลเมตร)
อำเภอเมือง	305.31	242.94
อำเภอกันทรวิชัย	93.86	113.3
อำเภอเชียงยืน	89.63	75.43
อำเภอชื่นชม	19.09	34.97
อำเภอโกสุมพิสัย	273.58	227.41
อำเภอกุดรัง	54	54
อำเภอบรบือ	445.84	206.31
อำเภอแกดำ	43.08	32.19
อำเภอนาเชือก	102.19	103.96
อำเภอนาดูน	64.25	66.98
อำเภอวาปีปทุม	276.48	188.92
อำเภอยางสี	41.09	41.13
อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย	184.81	228.37
รวม	1993.21	1615.91

6. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาผลสรุปของทั้งสองวิธีการจำเป็นจะต้องใช้ทั้งสองวิธีมาวิเคราะห์ปัญหาร่วมกัน เนื่องจากว่าวิธีการวิเคราะห์ความใกล้เคียงนั้นจะสามารถกลั่นกรองหาจุดทางเลือกได้ตามเกณฑ์ที่กรมควบคุมมลพิษ แต่จุดดังกล่าวจะเป็นจุดที่เหมาะสมในด้านเชิงพื้นที่เท่านั้นไม่สามารถวิเคราะห์หรือจัดสรรปริมาณการขนส่งขยะจากจุดต้นทางไปยังปลายทางได้ จำเป็นต้องใช้การโปรแกรมเชิงเส้นเข้ามาร่วมวิเคราะห์ด้วยเพื่อสามารถตอบโจทย์ได้ทั้งทางเชิงพื้นที่และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณได้

7. เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมวลพิษ.(2558).การ**กำจัดขยะมูลฝอยแบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล**.กรมทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ,กรุงเทพฯ. สืบค้นเมื่อ 10 เดือนมีนาคม พ.ศ.2558 เวลา 12.00 น.(ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.pcd.go.th/info_serv/waste_garbage.html

จุมพล วิเชียร์ศิลป์ .(2557).**การใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อศึกษาหาพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการฝังกลบขยะมูลฝอย กรณีศึกษา อำเภอลำปลายมาศ จังหวัดบุรีรัมย์**, สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.

โรธนา ลดาชาติ (2545).**การเลือกพื้นที่สำหรับการฝังกลบขยะมูลฝอย ที่จังหวัดสงขลา**, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วนิดา ร่มรื่น.(2547).**การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการกำหนดเส้นทางเดินรถเก็บขนขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลตำบลแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี**, วิทยานิพนธ์ปริญญาอักษรศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์ ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรัญญา ชนะสงคราม.(2549).**การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อหาพื้นที่เหมาะสมในการฝังกลบขยะมูลฝอยในอำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี**, ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศภาคตะวันออก มหาวิทยาลัยบูรพา.

ศมลวรรณ วรกาญจน์.(2554).**การเลือกพื้นที่ฝังกลบขยะและการเตรียมการใช้งานหลังการฝังกลบกรณีศึกษา : เทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา**.สาขาภูมิสถาปัตยกรรม, ภาควิชาภูมิสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุภกิณห์ สมศรี.(2545).**การศึกษาแนวทางการจัดการขยะมูลฝอยในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีด้วยเทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์**, วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การเปรียบเทียบค่าพิกัด ณ จุดเปิดถ่ายของภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข

The comparative study of Exterior Orientation Points of Digital Aerial Photo

เสมา กระต่ายทอง และ ธารวิทย์ เสวกดรุณทร

Sayma Krataitong and Tarawit Swegdaroontorn

กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย

โทรศัพท์ 02-256-5801 e-mail: tarawitrtsd@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาการเปรียบเทียบค่าพิกัด ณ จุดเปิดถ่ายของภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบค่าพิกัดจุดเปิดถ่ายภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขซึ่งผ่านการอ้างอิงค่าพิกัดโดยตรงของข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขบนภูมิประเทศ กับค่าพิกัดจุดเปิดถ่ายภาพทางอากาศที่ผ่านกระบวนการทางโฟโตแกรมเมตรี โดยเปรียบเทียบค่าจัดวางองค์ประกอบภายนอกประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์ x, y, z, ω, ϕ, κ การศึกษาได้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข DMC ครอบคลุมพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก จำนวน 28 ภาพ มาใช้งาน ร่วมกับการรังวัดข้อมูลจุดบังคับภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขด้วยอุปกรณ์รังวัดสัญญาณดาวเทียม GPS ยี่ห้อ Leica รุ่น SR 510 จำนวน 4 จุด

การศึกษาพบว่าค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองขององค์ประกอบที่ใช้สำหรับการบ่งชี้ค่าพิกัดทางราบและทางดิ่ง ได้แก่ พารามิเตอร์ x, y, z, ซึ่งได้นำมาทำการเปรียบเทียบ มีค่าเท่ากับ 0.237, 0.232 และ 0.246 เมตร ตามลำดับ สำหรับองค์ประกอบที่ใช้สำหรับการบ่งชี้อาการหมุนรอบแกน x,y,z ได้แก่ พารามิเตอร์ ω, ϕ, κ ซึ่งได้นำมาทำการเปรียบเทียบ มีค่าเท่ากับ 0.003, 0.060 และ 0.004 องศา ตามลำดับ โดยผลการศึกษาครั้งนี้สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้การผลิตข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขเพื่อการผลิตหรือปรับปรุงข้อมูลแผนที่ขนาดมาตราส่วนกลางหรือมาตราส่วนใหญ่ได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข จุดเปิดถ่าย

Abstract

The comparative study of Exterior Orientation Points of Digital Aerial Photo has purpose to compare theGeotagging at the Camera View of Digital Aerial Photo obtained directly from geographical position reference of Digital Aerial Photo and Geographical Coordinates at the Camera View Point of Digital Aerial Photo obtained from Photogrammetry process by comparing the composition of external factors which include parameter of x, y, z, ω, ϕ, κ. This research uses Digital Aerial Photo (DMC) covering Muang District of Nakhon Nayok Province totally 28 images for functionality as well as geometrical surveying of Digital Aerial Photo by using Digital Aerial Photo obtained from GPS devices, Leica brand, model: SR 510, totally 4 controlled points.

It is found in this research that the square root of Mean Squared Error (MSE) of the factor used to indicate both horizontal and vertical Geotagging such as parameter x, y, z, used in the comparison is equal to 0.237, 0.232 and0.246 meter respectively while the factor used to indicate pivot of x,y,z axis such as parameter ω, ϕ, κ used in the comparison is equal to 0.003, 0.060 and 0.004 degree respectively. The research result can be used as guidelines in applying for production of Digital Aerial Photo in order to produce or improve mapping data for intermediate map scale and big map scale efficiently.

KEY WORD: Digital Aerial Photo, Exterior Orientation Point

1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีในการผลิตแผนที่จากภาพถ่ายทางอากาศได้มีการนำหลักการที่เรียกว่า การอ้างอิงค่าพิกัดโดยตรงของข้อมูลภาพกับภูมิประเทศ (Direct Georeferencing : DG) ซึ่งสามารถลดความต้องการของจุดควบคุมภาพถ่ายทางอากาศ ทำให้ลดความต้องการงบประมาณลง รวมถึงทำแผนที่ในพื้นที่ที่ไม่สามารถเข้าถึงได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบค่าพิกัดจุดเปิดถ่ายของภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขซึ่งผ่านกระบวนการ DG กับค่าพิกัดจุดเปิดถ่ายที่ผ่านกระบวนการทางโฟโตแกรมเมตรี (Photogrammetry) โดยใช้การรังวัดค่าพิกัดทางราบของจุดควบคุมภาพถ่ายด้วยการรังวัดด้วยสัญญาณดาวเทียม GPS ในภูมิประเทศจริงจำนวน 4 จุด และภาพถ่ายทางอากาศจำนวน 28 ภาพ โดยใช้หลักเกณฑ์ทดสอบตามคุณลักษณะของอุปกรณ์กล้องถ่ายภาพทางอากาศ Digital Mapping Camera (DMC) ประกอบกับ GPS/IMU และการรังวัด GPS ที่สถานีฐาน 1 สถานี ณ สนามบินอู่ตะเภา โดยกองบินถ่ายภาพทางอากาศ กรมแผนที่ทหาร (กบอ.ผท.ทหาร) และเกณฑ์ความละเอียดถูกต้อง RMSE โดยใช้พื้นที่ในการวิจัยคือพื้นที่โรงเรียนเตรียมทหาร สถาบันวิชาการป้องกันประเทศ (รร.ตท.สปท.)

2. วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบค่าพิกัดจุดเปิดถ่ายของภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขซึ่งผ่านกระบวนการ DG กับค่าพิกัดจุดเปิดถ่ายที่ผ่านกระบวนการทางPhotogrammetry โดยเปรียบเทียบทั้งค่า x, y, z, ω, φ, κ

3. วิธีการวิจัย

3.1 ข้อมูลที่ใช้

3.1.1 ใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขจากหลักสูตรต้นหนถ่ายรูปทางอากาศรุ่นที่ 10 ซึ่งเป็นภาพถ่ายบริเวณโรงเรียนเตรียมทหารจำนวน 28 ภาพ



ภาพที่ 1 โรงเรียนเตรียมทหาร สถาบันวิชาการป้องกันประเทศ

3.1.2 ข้อมูลค่าพิกัดจุดเปิดถ่ายที่ผ่านกระบวนการ DG ของพื้นที่ทดสอบ

ตารางที่ 1ข้อมูลค่าพิกัดจุดเปิดถ่ายที่ผ่านกระบวนการ DG

ชื่อภาพ	Easting (DG)	Northing (DG)	Height (DG)	ω (DG)	φ (DG)	κ (DG)
07~0500	737547.062	1583213.842	4034.232	-0.048	-0.233	-179.521
07~0501	736625.548	1583215.689	4034.178	-1.082	-0.191	-179.615
07~0502	735702.458	1583211.857	4034.219	1.845	1.538	-179.100
07~0503	734782.002	1583202.221	4034.163	-1.186	-0.303	-179.278
07~0504	733860.105	1583201.524	4033.546	-0.153	-0.228	-179.369
07~0505	732937.455	1583205.529	4033.420	-1.931	-0.201	-179.798
07~0506	732016.884	1583219.081	4033.331	-0.647	-0.025	-179.903
07~0507	731095.468	1583217.730	4033.139	1.717	0.050	-179.217
07~0508	730172.636	1583212.799	4033.280	-1.126	0.088	-179.434
07~0509	729251.983	1583216.672	4033.646	-0.191	0.166	-179.484
07~0510	728331.242	1583215.146	4033.836	0.503	-0.011	-179.139
07~0511	727409.788	1583205.338	4033.369	-0.348	-0.017	-179.249
07~0512	726487.260	1583203.578	4033.386	0.007	0.045	-179.268
07~0513	725566.808	1583209.612	4032.837	-2.617	0.037	-179.977
08~0584	737545.333	1580318.656	4034.879	0.586	-0.221	-179.501
08~0585	736624.192	1580318.370	4034.880	-0.449	-0.158	-179.589
08~0586	735703.527	1580326.994	4034.703	-1.562	-0.020	-179.849
08~0587	734782.954	1580328.255	4035.231	0.638	-0.027	-179.537
08~0588	733860.289	1580332.065	4035.135	-0.555	-0.043	-179.647
08~0589	732939.550	1580331.558	4034.943	0.071	0.050	-179.408

08~0590	732016.697	1580321.468	4035.083	1.791	0.141	-178.838
08~0591	731095.455	1580320.163	4035.502	-2.261	-0.013	-179.400
08~0592	730174.817	1580319.765	4035.124	1.164	0.017	-179.080
08~0593	729252.391	1580311.867	4034.827	0.563	0.112	-178.934
08~0594	728331.765	1580309.210	4034.985	-0.249	0.050	-179.082
08~0595	727408.688	1580320.954	4035.417	-2.789	0.202	-179.442
08~0596	726487.469	1580325.191	4035.516	2.602	0.129	-178.725
08~0597	725565.977	1580315.717	4034.902	1.359	0.066	-178.340

3.1.3 ข้อมูลค่าพิกัดจุดควบคุมภาคพื้นดินที่ได้จากการรังวัดด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส จากการฝึกปฏิบัติงานในภูมิประเทศของนายทหารใหม่ที่สำเร็จการศึกษาจากจากโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ประจำปีการศึกษา 2556

3.1.4 ข้อมูลค่าพิกัดจุดเปิดถ่ายที่ผ่านกระบวนการทางโฟโตแกรมเมตรีแล้ว

3.2 คุณสมบัติของการประมวลผลกล้องถ่ายภาพทางอากาศพร้อมด้วยระบบ GPS/IMU ของ กบอ.ผท.ทหาร ดังตาราง

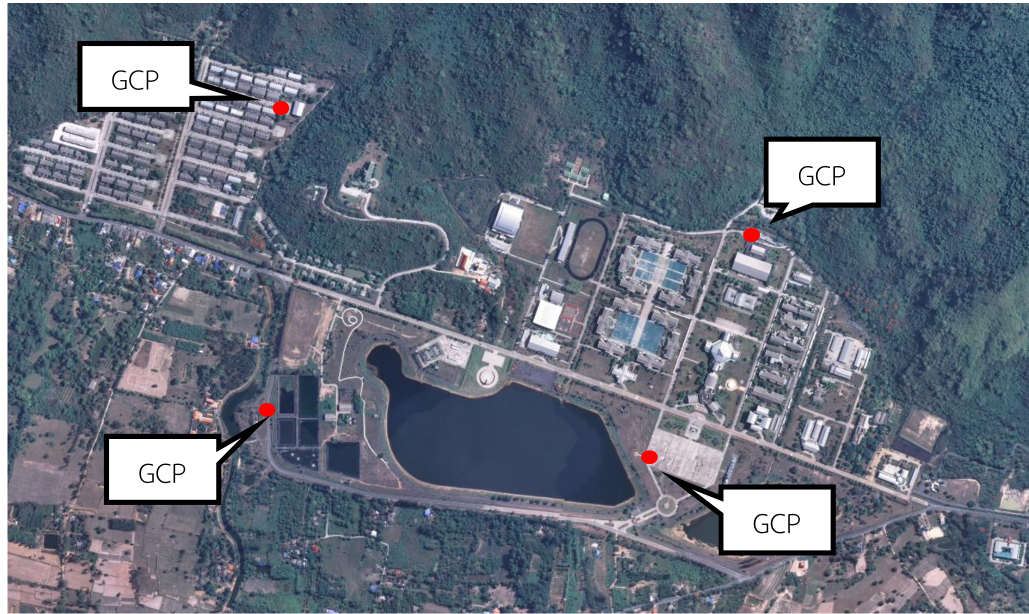
	Applanix SmartBaseTM and IN-FusionTM Processing		IN-FusionTM Single Base Processing		POSGNSS Loosely Coupled Processing		Real-Time Processing (Loosely / Tightly Coupled)	
	Optimal Accuracy	Optimal Accuracy	Short Baseline	Long Baseline	Diff GNSS	PPP	Real-Time GNSS	Aux GNSS
Positional Accuracy	3-10 cm	10-15 cm	<10 cm	<10 cm	<10 cm	10-50 cm	4-6 m	<1 m
Maximum Baseline[a]	70 km	>70 km[b]	20-30 km	100 km	30 km	n/a	n/a	n/a
Maximum Bank Angle	No Max[c]	20°	No Max[c]	20°	20°	20°	20°	20°
Maximum Start and End Baseline[a]	Within SmartBase Network[d]	Within SmartBase Network[d]	10-20 km	10-20 km	30 km	n/a	n/a	n/a
Minimum Number of Base Stations	4 (Applanix recommends 6)	4 (Applanix recommends 6)	1	1	1	0	0	0
Maximum Number of Base Stations	50 (Applanix recommends 10)	50 (Applanix recommends 10)	1	1	8	0	0	0
Additional Ephemeris Required?	Y Precise and Broadcast	Y Precise and Broadcast	N	N	N	Y Precise	N	N

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของการประมวลผลการรังวัดสัญญาณดาวเทียมแบบต่าง ๆ

ที่มา :Applanix Corporation

3.3 ขั้นตอนดำเนินการศึกษา

3.3.1 กำหนดจุดควบคุมภาพถ่ายทางอากาศ เพื่อรังวัดด้วยสัญญาณดาวเทียม GPS จำนวน 4 จุด ดังภาพ





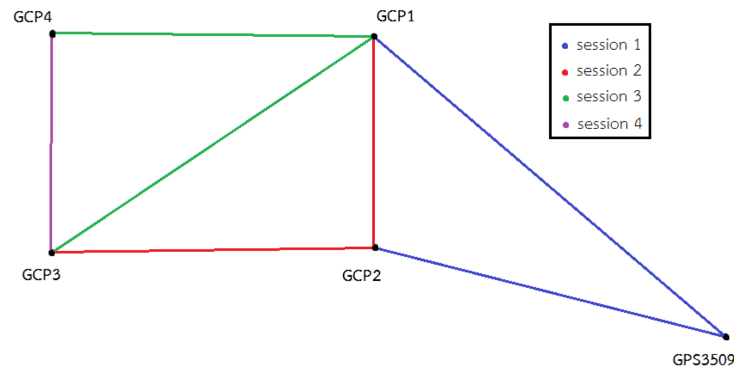
ภาพที่ 2 การกำหนดจุดบังคับภาคพื้นดินในพื้นที่ศึกษา

3.3.2 รังวัดจุดควบคุมภาพถ่ายทางอากาศด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS โดยใช้เครื่องรังวัดสัญญาณดาวเทียม GPS ยี่ห้อ Leica SR 510 ซึ่งเป็นเครื่องรับสัญญาณ 1 ความถี่ (L1) จาก รร.แผนที่ ฯ



ภาพที่ 3 เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส Leica SR510

ดำเนินการรังวัดโดยแบ่งเป็น 4 คาบการทำงาน (Session) คาบละ 40 นาที โดยรังวัดเชื่อมโยงกับหมุดหลักฐาน GPS 3509 ซึ่งเป็นโครงข่ายหมุดหลักฐานทางราบของ ผท.ทหาร ตั้งอยู่ใน รร.นครนายกวิทยาคม จ.นครนายก มีโครงข่ายการรังวัดดังนี้



ภาพที่ 4 การออกแบบโครงข่ายการรังวัด



ภาพที่ 5 การรังวัดจุดควบคุมภาพถ่าย

3.3.3 นำข้อมูลที่รังวัดได้ ประมวลผลด้วยโปรแกรมประมวลผล Leica Geo Office 4.0 และปรับแก้ได้ค่าพิกัดจุดควบคุมภาพถ่ายทั้ง 4 จุดเพื่อนำเข้าสู่ขั้นตอนทางโฟโตแกรมเมตรีต่อไป

Point Id	Point Class	Easting	Northing	Ellip.Hgt.	Ortho Hgt.
GPS3509	Control	739355.8672	1571049.229	-22.143	7.0986
GCP1	Adjusted	730101.3032	1582718.262	7.1167	36.7893
GCP2	Adjusted	729811.1443	1582114.303	-2.4005	27.2783
GCP3	Adjusted	728766.1731	1582243.031	-3.415	26.3251
GCP4	Adjusted	728813.1706	1583076.901	13.4324	43.1779

ตารางที่ 3 ค่าพิกัดจุดควบคุมภาพถ่ายที่ได้จากการประมวลผลและปรับแก้แล้ว

3.3.4 เมื่อนำค่าพิกัดจากจุดควบคุมภาพถ่ายดังตารางที่ 3 เข้าสู่กระบวนการทางโฟโตแกรมเมตรีแล้ว ได้ค่าพิกัดจุดเปิดถ่ายดังนี้

ชื่อภาพ	Easting	Northing	Height	ω	φ	κ
07~0500	737546.134	1583213.323	4034.445	-0.058	-0.237	-179.481
07~0501	736625.175	1583215.322	4034.324	-1.074	-0.191	-179.629
07~0502	735702.341	1583211.687	4034.338	1.847	-0.127	-179.103
07~0503	734782.118	1583202.119	4034.879	-1.176	-0.303	-179.279
07~0504	733860.246	1583201.567	4033.564	-0.153	-0.228	-179.368
07~0505	732937.582	1583205.125	4033.325	-1.930	-0.204	-179.799
07~0506	732016.482	1583219.119	4033.769	-0.646	-0.024	-179.909
07~0507	731095.557	1583217.730	4033.459	1.716	0.051	-179.214
07~0508	730172.121	1583212.349	4033.346	-1.126	0.087	-179.431
07~0509	729251.114	1583216.557	4033.665	-0.191	0.166	-179.486
07~0510	728331.634	1583215.342	4033.223	0.513	-0.010	-179.132
07~0511	727409.774	1583205.468	4033.356	-0.348	-0.017	-179.250
07~0512	726487.586	1583203.332	4033.589	0.007	0.045	-179.269
07~0513	725566.845	1583209.224	4032.235	-2.617	0.037	-179.977
08~0584	737545.125	1580318.557	4034.559	0.585	-0.221	-179.501
08~0585	736624.453	1580318.298	4034.446	-0.449	-0.158	-179.589
08~0586	735703.745	1580327.112	4034.997	-1.562	-0.020	-179.851
08~0587	734782.776	1580328.689	4035.251	0.615	-0.027	-179.535
08~0588	733860.359	1580332.132	4035.357	-0.554	-0.043	-179.648
08~0589	732939.256	1580331.356	4035.046	0.071	0.050	-179.406
08~0590	732016.854	1580321.478	4035.154	1.791	0.141	-178.836
08~0591	731095.197	1580320.248	4035.584	-2.271	-0.013	-179.395
08~0592	730174.886	1580319.889	4035.446	1.164	0.018	-179.080
08~0593	729252.534	1580311.132	4034.432	0.563	0.112	-178.944
08~0594	728331.789	1580308.778	4035.245	-0.248	0.050	-179.082
08~0595	727408.488	1580320.367	4035.358	-2.789	0.203	-179.442
08~0596	726487.560	1580325.287	4035.253	2.603	0.129	-178.724
08~0597	725566.008	1580315.456	4034.445	1.357	0.066	-178.341

ตารางที่ 4 ข้อมูลค่าพิกัดจุดเปิดถ่ายที่ผ่านกระบวนการทางโฟโตแกรมเมตรีแล้ว

3.3.5 เปรียบเทียบค่า EOP ของจุดเปิดถ่ายทั้ง 28 ภาพ ที่ได้จากกระบวนการ DG และกระบวนการทางโฟโตแกรมเมตรีจากตารางที่ 1 และตารางที่ 4 หาค่าความต่าง ค่า RMSE

3.3.6 นำค่า EOP ของจุดเปิดถ่ายที่ได้จากกระบวนการ DG มาดำเนินการผลิตข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศดัดแก้เชิงเลข และนำมาแสดงผลเพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศดัดแก้เชิงเลข ที่ได้จากกระบวนการทางโฟโตแกรมเมตรี โดยมุ่งเน้นการแสดงผลบริเวณรอยต่อของภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข ซึ่งเป็นบริเวณที่มักจะมีความอ่อนไหวอันเนื่องมาจากการปรับแก้ทางเรขาคณิต ที่ระดับมาตราส่วน 1:1000 โดยระดับการมองเสมือนจริง 1:1 แล้วนำมาให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 ท่าน ทำการประเมินตามหลักเกณฑ์การจำแนกรายละเอียด องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์หรือวินิจฉัยในการจำแนกข้อมูล ของ สทอภ. แล้วมาประเมินและให้คะแนน

เกณฑ์การรวบรวมคะแนนเพื่อหาค่าเฉลี่ยความคิดเห็นนั้น คำนวณจากความน่าจะเป็นในการเลือกคำตอบจากผู้สังเกตการทดลอง ถ้าหากผู้สังเกตการทดลองให้คะแนนความคิดเห็นในทุกปัจจัย ดีมากแสดงว่าความน่าจะเป็นของคะแนนค่าเฉลี่ยที่

สูงสุด คือ 25 และถ้าผู้สังเกตการทดลองให้คะแนนความคิดเห็นในทุกปัจจัยต่ำมาก แสดงว่าความน่าจะเป็นของคะแนนค่าเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด คือ 5 จากนั้นผู้วิจัยจึงแบ่งช่วงคุณภาพของภาพออกเป็น 5 ช่วงคะแนน คือ สูงมาก สูง ปานกลาง ต่ำ และต่ำมาก ซึ่งแบ่งชั้นข้อมูลที่ดำเนินการตรวจสอบ จำนวน 4 ชั้นข้อมูลประกอบด้วย เส้นทางคมนาคมทางบก เส้นทางน้ำและแหล่งน้ำ สิ่งปลูกสร้าง รวมทั้งเขตพืชพรรณ โดยมีจำนวนจุดตรวจสอบทั้งสิ้น 40 จุด และสรุปผล

ระดับคะแนน	คุณภาพของภาพ	คำอธิบาย
21.01-25.00	สูงมาก	สามารถมองเห็นรายละเอียดได้ชัดเจน
17.01-21.00	สูง	สามารถมองเห็นรายละเอียดได้บางส่วน
13.01-17.00	ปานกลาง	สามารถมองเห็นรายละเอียดได้ไม่ครบถ้วน
9.01-13.00	ต่ำ	สามารถมองเห็นรายละเอียดได้บางส่วนเท่านั้น
5.00-9.00	ต่ำมาก	ไม่สามารถมองเห็นรายละเอียดได้เลย

ตารางที่ 5 แสดงการให้คะแนนของวิธีเฉลี่ยความเห็น

4. ผลการวิจัย

4.1 เมื่อนำค่า EOP ที่ได้จากกระบวนการ DG และกระบวนการทางโฟโตแกรมเมตรีจากภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข จำนวน 28 ภาพเปรียบเทียบกัน ได้ผลดังตารางต่อไปนี้

Parameter	Average RMSE
Easting (x)	0.237 m
Northing (y)	0.232 m
Height (z)	0.246 m
Omega (ω)	0.003
Phi (φ)	0.060
Kappa (κ)	0.004

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบหาค่าRMSE ของ EOP

4.2 ตารางแสดงผลการประเมินข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศดัดแก้เชิงเลข ที่ผ่านการปรับแก้ทางเรขาคณิตซึ่งได้ค่า EOP จากกระบวนการ DG เพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศดัดแก้เชิงเลข ที่ได้จากกระบวนการทางโฟโตแกรมเมตรี จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 ท่าน

ชั้นข้อมูล	Direct Geo-reference (DG)	Photogrammetry
เส้นทางคมนาคมทางบก	22.14 (สูงมาก)	23.08 (สูงมาก)
เส้นทางน้ำ แหล่งน้ำ	21.07 (สูงมาก)	21.12 (สูงมาก)
เขตพืชพรรณ	22.38 (สูงมาก)	22.79 (สูงมาก)
สิ่งปลูกสร้าง	19.11 (สูง)	20.06 (สูง)

ตารางที่ 7 คะแนนการ

4.3 การแสดงผลบริเวณรอยต่อของภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข ซึ่งเป็นบริเวณที่มักจะมีความอ่อนไหวอันเนื่องมาจากการปรับแก้ทางเรขาคณิต ที่ระดับมาตราส่วน 1:1000 โดยระดับการมองเสมือนจริง 1:1 ในการศึกษาครั้งนี้ได้มีการกำหนดจุดทดสอบทั้งสิ้น 40 จุด โดยตัวอย่างจุดทดสอบได้นำมาแสดงในตารางที่ 8 และเส้นประสีแดงคือบริเวณรอยต่อของข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข

ชั้นข้อมูล	Direct Geo-reference (DG)	Photogrammetry
เส้นทางคมนาคมทางบก		
เส้นทางน้ำ แหล่งน้ำ		
เขตพืชพรรณ		
สิ่งปลูกสร้าง		

ตารางที่ 8 ตัวอย่างจุดทดสอบบริเวณรอยต่อของข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศดัดแก้เชิงเลข

5. วิจารณ์ผลและสรุปผล

ผลการเปรียบเทียบค่า EOP จากตารางที่ 5 ค่า Easitng มีค่า RMSE ได้ 0.237 เมตร ค่า Northing มีค่า 0.232 เมตร ค่า Height มี RMSE 0.246 เมตร ค่า ω มีค่า RMSE 0.003 องศา ค่า φ มีค่า RMSE 0.06 องศา และค่า κ มีค่า RMSE 0.004 องศา

เมื่ออ้างอิงจากตารางที่ 4 การตั้งสถานีรังวัดจีพีเอสภาคพื้นเพียงสถานีเดี่ยว (Single Base) ค่าพิกัดจุดเปิดถ่ายจะมี Accuracy น้อยกว่า 10 เซนติเมตร ในระยะเส้นฐานไม่เกิน 100 กิโลเมตร ซึ่งระยะทางจากสนามบินอู่ตะเภามายัง รร.ตท.สปท. อ.บ้านนา จ.นครนายก มีระยะทางประมาณ 180 กิโลเมตร ซึ่งถือว่าไกลกว่าระยะที่กำหนดไว้ แต่เนื่องจากความจำเป็นในด้านธุรการต่างๆ จึงต้องดำเนินการปฏิบัติงานต่อไป แต่ค่า EOP ที่ได้ทำการเปรียบเทียบแล้วถือว่ามีค่าเกินกว่าเกณฑ์ในตารางที่ 2

ผลการเปรียบเทียบค่าพิกัดจุดเปิดถ่าย ระหว่างภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขที่ผ่านกระบวนการ DG กับค่าพิกัดจุดเปิดถ่ายที่ผ่านกระบวนการทางโฟโตแกรมเมตรีแล้ว ในพื้นที่ทดสอบถือว่ามีความถูกต้องตามคุณลักษณะที่ปรากฏในตารางที่ 2 ซึ่งผลดังกล่าวทำให้สามารถนำข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศดัดแก้เชิงเลข ไปประยุกต์ใช้ในการผลิตข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศดัดแก้เชิงเลข รวมทั้งการใช้เขียนถ่ายทอดรายละเอียดแผนที่มาตราส่วนขนาดกลางและขนาดใหญ่ได้เป็นอย่างดี

นอกจากนี้เมื่อนำค่าพิกัด EOP ที่ได้จากกระบวนการทั้งสองประเภท มาทำการผลิตข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศดัดแก้เชิงเลข แล้วนำมาแสดงผลที่ระดับมาตราส่วน 1:1,000 ระดับการมองเสมือนจริง 1:1 แล้วให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 ท่านทำการประเมินระดับคะแนน จากจุดทดสอบจำนวน 40 จุด และพิจารณาจาก 4 ชั้นข้อมูล ทำให้ทราบว่า ในทุกชั้นข้อมูลมีระดับคุณภาพของภาพที่ได้จากกระบวนการทั้งสองประเภทเท่ากัน โดยบริเวณเส้นทางคมนาคมทางบก อยู่ในระดับสูงมาก เส้นทางน้ำและแหล่งน้ำอยู่ในระดับสูงมาก บริเวณพืชพรรณอยู่ในระดับสูงมาก และบริเวณสิ่งปลูกสร้างอยู่ในระดับสูง

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ควรมีการทดสอบโดยเลือกสถานี base กับพื้นที่บินถ่ายภาพอยู่ในระยะห่างไม่เกิน 100 กม.

6.2 ควรเพิ่มจำนวนจุดทดสอบและขยายพื้นที่ให้มากขึ้นเพื่อให้มีผลการทดสอบที่น่าเชื่อถือ สามารถนำไปอ้างอิงในการปฏิบัติงานในโครงการที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ได้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมแผนที่ทหาร. (2548). โรงเรียนแผนที่. **การสำรวจจำแนกรายละเอียดในภูมิประเทศ.** กรุงเทพฯ: กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการทหารสูงสุด. (เอกสารไม่ตีพิมพ์).

กรมแผนที่ทหาร. (2548). กองทำแผนที่. **คุณลักษณะการทำงานของกองทำแผนที่.** กรุงเทพฯ: กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการทหารสูงสุด. (เอกสารไม่ตีพิมพ์).

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. (2547). **ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ**. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

Lillesand, T.M.; & R.W. Kiefer. (2000). **Remote Sensing and Image Interpretation**. John Wiley & Sons.

Peter A. Burrough; & Racheael A. McDonnell. (1998). **Principle of Geographical Information Systems**. Oxford University.

Umbaugh, S.E. (1998). **Computer vision and image processing: A practical approach using CVIP tools**. New Jersey, U.S.A.: Prentice-Hall.

การใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศประเมินผลผลิตปาล์มน้ำมัน ในลุ่มน้ำปากพนัง

Use of Geo-informatics technology to assessoil palm yield in Pak Phanang Basin

พีระพิทย์ พืชมงคล ยงเฉลิมชัย[1] ศักดิ์ชัย ปรีชาวีรกุล[2]เชาวน์ ยงเฉลิมชัย[3] ธิรดา ยงสถิตศักดิ์[2] และอดุลย์ เบ็ญนุ้ย[1]

Phiraphit Phutmongkhlo Yongchalermchai[1] Sakchai Prechaverakul[2] Chao Yongchalermchai[3]Thirada Yongsatitsak[2] andAdulBennui[1]

[1]คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[2]ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ ภาคใต้

[3]คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

โทรศัพท์ 074-286877 โทรสาร 074-429955

e-mail: phiraphit.p@psu.ac.th, chao.y@psu.ac.th, sakchai.p@psu.ac.th, thirada.y@psu.ac.th, adul.b@psu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้วและยังไม่ให้ผลผลิตในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง ด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 (LANDSAT-8) มาตราส่วน 1: 50,000 โดยการแปลตีความด้วยสายตา (Visual interpretation) และประเมินผลผลิตปาล์มน้ำมันจากพื้นที่ที่ให้ผลผลิตกับจำนวนผลผลิตต่อไร่โดยเฉลี่ย พบว่า ลุ่มน้ำปากพนังมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันจำนวน 408.57 ตารางกิโลเมตรคิดเป็นร้อยละ 12.26 ของพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง โดยมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้วจำนวน 333.55 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ที่ยังไม่ให้ผลผลิตมีจำนวน 75.02 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันส่วนใหญ่อยู่บริเวณที่ราบทางทิศตะวันออกและพื้นที่พรุซึ่งอยู่ตอนกลาง จากพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้ว คาดว่าจะมีผลผลิตปาล์มน้ำมันประมาณ 625,410 ตัน

คำสำคัญ: ผลผลิตปาล์มน้ำมัน ลุ่มน้ำปากพนัง ภูมิสารสนเทศ

ABSTRACT

The purpose of this study aims to classify oil palm cultivation area into harvested area and non-harvested area in Pak Phanang Basin using LANDSAT-8 satellite image at scale of 1:50,000. The classification of oil palm area was carried out by visual interpretation. The assessment of oil palm yield from harvested area and average amount of yield per rai have been conducted. The results showed that oil palm cultivation area in Pak Phanang Basin which cover about 408.57 Km² or 12.26% of total area can be classified into harvested area

333.55 Km² and non-harvested area 75.02 Km². Oil palm area is mostly found in the plain at the east of the basin whereas peat area is in the middle of the basin. It is expected that oil palm yield from harvested area would be 625,410 tons.

KEY WORDS : Oil palm yield, Pak Phanang Basin, Geo-informatics

1. บทนำ

ลุ่มน้ำปากพนัง ตั้งอยู่ทางตอนใต้ของจังหวัดนครศรีธรรมราช มีสภาพภูมิประเทศทางด้านตะวันตกเป็นภูเขา ตอนกลางเป็นลูกคลื่นลอนลาด และทางด้านตะวันออกเป็นที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเล ในปี พ.ศ. 2547 จังหวัดนครศรีธรรมราชมีเนื้อที่ปลูกปาล์มน้ำมัน 28,906 ไร่ เนื้อที่ที่ให้ผล 25,048 ไร่ ผลผลิตรวม 72,947 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 2,384 กิโลกรัมต่อไร่ ต่อมาในปี พ.ศ. 2554 มีเนื้อที่ปลูกปาล์มน้ำมัน303,850 ไร่ เนื้อที่ที่ให้ผล 149,085 ไร่ ผลผลิตรวม 368,741,213 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 2,473 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานเกษตรจังหวัดนครศรีธรรมราช, 2557) ใน ปี พ.ศ. 2554 ผลผลิตเฉลี่ยของปาล์มน้ำมันในประเทศไทยเท่ากับ2,876 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตเฉลี่ยของปาล์มน้ำมันของภาคใต้เท่ากับ2,922 กิโลกรัมต่อไร่ (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556 และสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์กรมหาชน). 2557) พื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังมีการปลูกปาล์มน้ำมันในปี 2541โดยสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 กรมวิชาการเกษตร ได้ดำเนินการสนองพระราชดำริในโครงการทดสอบความเป็นไปได้ในการปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่นาร้างและนากุ้งร้าง พื้นที่ที่ไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวของเกษตรกร ต่อมามีการปรับเปลี่ยนพื้นที่นาข้าว นากุ้งร้าง พื้นที่รกร้าง และพื้นที่พรุเพื่อปลูกปาล์มน้ำมัน ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ราคาผลผลิตตกต่ำ และรัฐบาลอาจจะต้องพยุงราคาผลผลิต การนำเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศและข้อมูลการเพาะปลูกมาใช้ในการประเมินผลผลิตเพื่อให้ได้ข้อมูลมาใช้ในการวางแผน แก้ไขปัญหาได้อย่างอย่างเหมาะสมและรวดเร็ว เช่น สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ได้นำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมาประเมินเนื้อที่และติดตามการเพาะปลูกข้าวนาปรัง ปี 2555 เพื่อคาดการณ์ผลผลิตที่จะออกสู่ตลาดได้รวดเร็วและแม่นยำขึ้น โดยการจำแนกเนื้อที่เพาะปลูกข้าว ประเมินเนื้อที่ และติดตามการเพาะปลูกข้าวนาปรัง ตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2554 เป็นต้นมา (หนังสือพิมพ์เดลินิวส์, 2555) กรมพัฒนาที่ดินได้ใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำรวจ ประเมิน และคาดการณ์ผลผลิตจากพืชเศรษฐกิจต่าง เช่น มันสำปะหลัง สับปะรด ถั่วเหลือง อ้อย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ลำไย ทุเรียน ยางพารา เป็นต้น (กรมพัฒนาที่ดิน , 2549)

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อจำแนกพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้วและยังไม่ให้ผลผลิตในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง
2. เพื่อประเมินผลผลิตปาล์มน้ำมันในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง

3. วิธีการวิจัย

3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

- แผนที่ภูมิประเทศ ชุด L7018 มาตราส่วน 1: 50,000 โดยกรมแผนที่ทหาร
- ข้อมูลจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 (Landsat-8) รายละเอียดภาพ 15 เมตร บันทึกภาพเมื่อวันที่ 16 เมษายน 2557 Path 128 Low 55 และวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2557 Path 129 Low 54 ดังรูปที่ 1โดยได้รับการเอื้อเฟื้อจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)
- ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมรายละเอียดสูงจาก Google Earthดังรูปที่ 2
- ข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ จากการสำรวจในพื้นที่ศึกษา และจากหน่วยงานต่าง ๆ

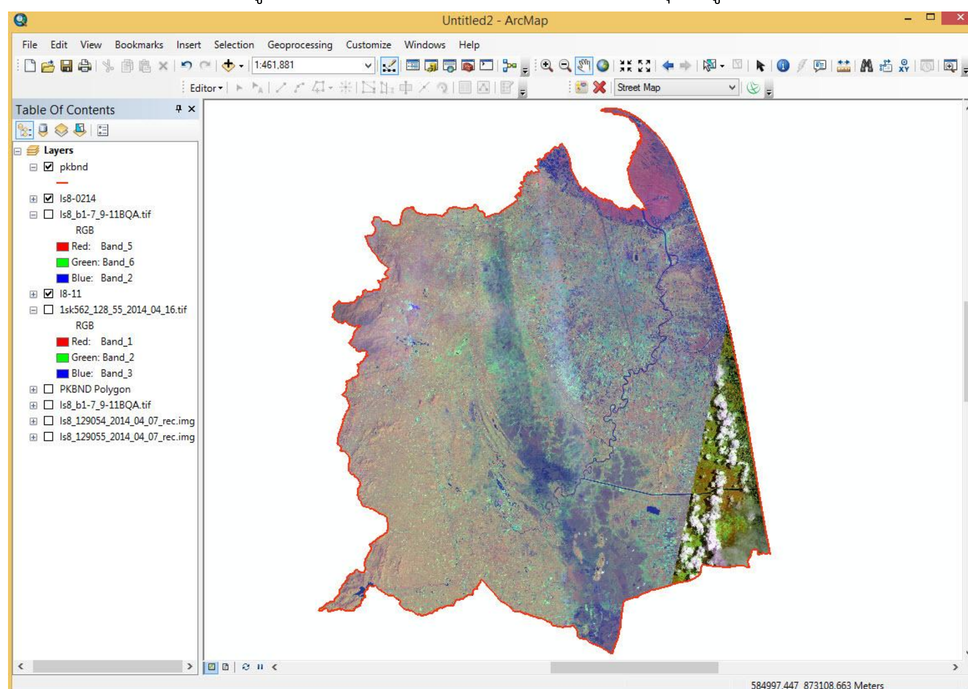
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

- เครื่องคอมพิวเตอร์
- เครื่องมือหาตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (Global Positioning System: GPS)
- โปรแกรมด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้แก่ Arc GIS, Arc view
- กล้องถ่ายรูป

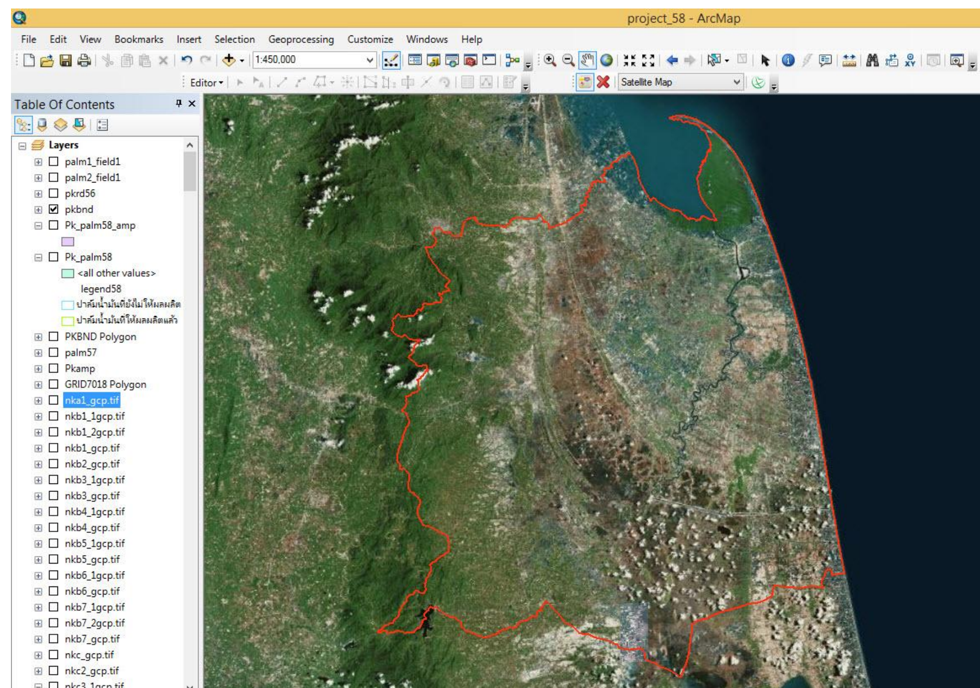
3.3 วิธีการศึกษา

- รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปาล์มน้ำมัน เช่น พื้นที่ปลูก ผลผลิต จากหน่วยงานต่าง ๆ
- จัดหาข้อมูลจากดาวเทียม โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียมแลนด์แซท 8ปี พ.ศ. 2557
- การปรับแก้ภาพเชิงเรขาคณิต (Geometric correction) ของข้อมูลจากดาวเทียม ในระบบพิกัดภูมิศาสตร์ UTM WGS84 ใช้วิธีการปรับแก้ระหว่างภาพกับแผนที่ (Image to map correction)โดยใช้จุดตัดของถนนที่มีความชัดเจนทั้งจากข้อมูลจากดาวเทียม และแผนที่ภูมิประเทศเป็นจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Points: GCPs) ในการปรับใช้สมการ Polynomial ลำดับที่ 1 (1st Order Polynomial) โดยค่าความผิดพลาดในการปรับแก้ภาพ (Root Mean Square Error:RMS Error) โดยเฉลี่ยไม่เกิน 1 จุดภาพ
- จำแนกพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน จำแนกออกเป็นพื้นที่ให้ผลผลิตแล้วและยังไม่ให้ผลผลิต โดยแปลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตา (Visual interpretation)
- ตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนก โดยการสำรวจพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้วและยังไม่ให้ผลผลิตในพื้นที่ศึกษาดังรูปที่ 3 โดยใช้ GPS ร่วมกับข้อมูลจากดาวเทียมแลนด์แซทดังรูปที่ 4 และใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมรายละเอียดสูงจาก Google Earth (Google Inc., 2014) ในปีใกล้เคียงดังรูปที่ 5เพื่อยืนยันผลการแปลตีความให้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น
- ประเมินผลผลิตปาล์มน้ำมัน จากพื้นที่ที่ให้ผลผลิต กับจำนวนผลผลิตต่อไร่โดยเฉลี่ย

ขั้นตอนการจำแนกพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน และการประเมินผลผลิตโดยสรุปดังรูปที่ 6



รูปที่ 1 ข้อมูลจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 (Landsat 8)



รูปที่ 2 ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมรายละเอียดสูงจาก Google Earth



ปาล์มน้ำมันที่ยังไม่ให้ผลผลิต

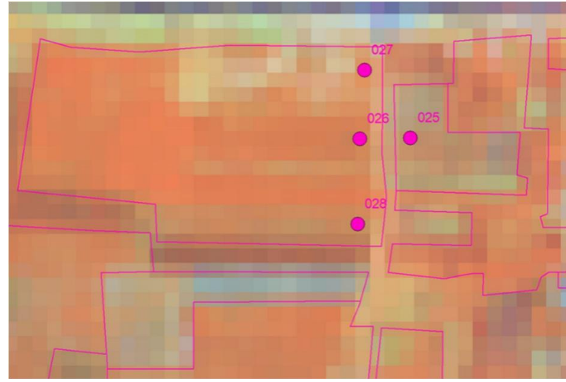
พิกัด UTM 633213E 885410N Zone47 WGS84



ปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้ว

พิกัด UTM 627861E 886468N Zone47 WGS84

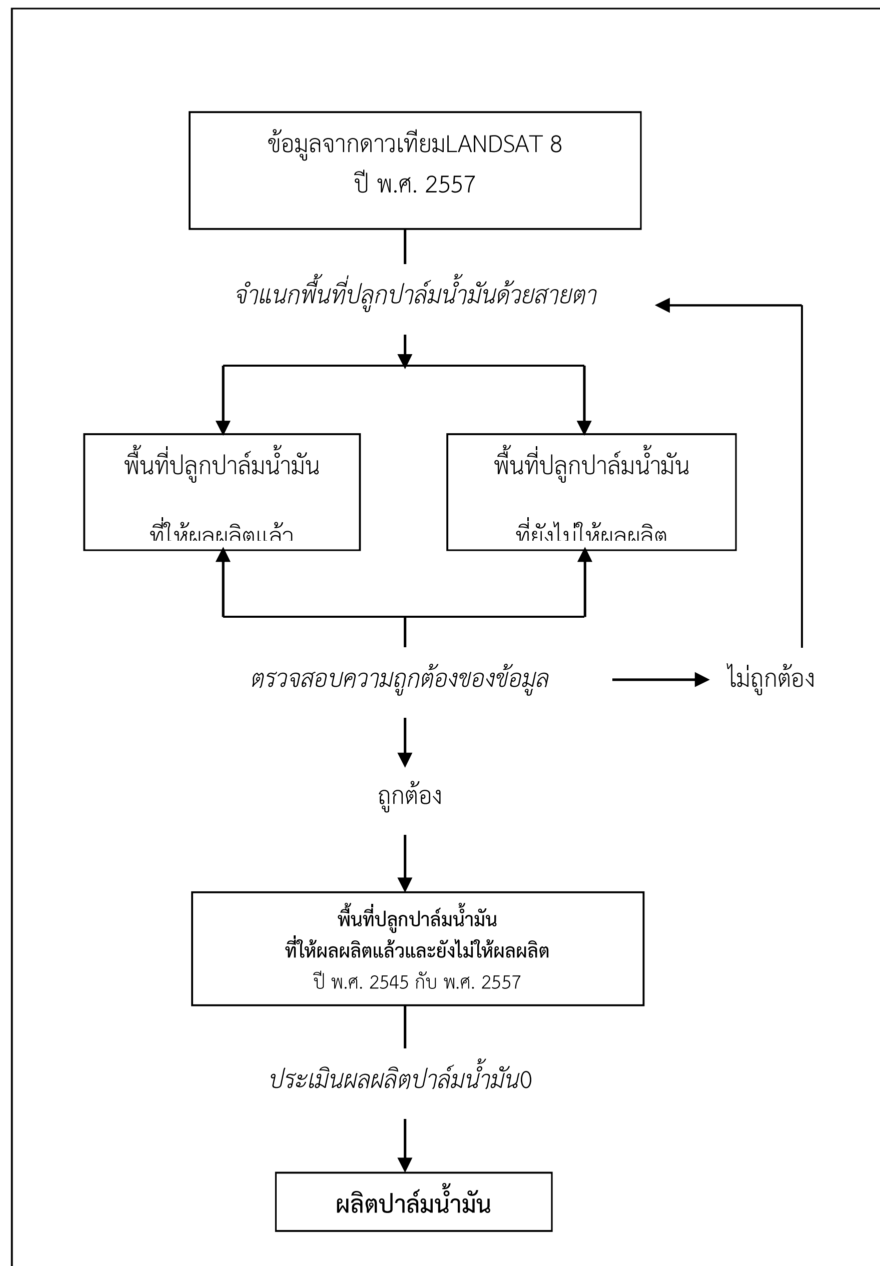
รูปที่ 3 ภาพถ่ายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้วและยังไม่ให้ผลผลิตในพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 4พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้ว (จุดที่ 026 ถึง 028) และยังไม่ให้ผลผลิต (จุดที่ 025) จากดาวเทียมแลนด์แซท 8



รูปที่ 5พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้วจุดที่ (026 ถึง 028) และยังไม่ให้ผลผลิต(จุดที่ 025) จากดาวเทียมรายละเอียดสูงจาก Google Earth



รูปที่6 ขั้นตอนการจำแนกพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน และการประเมินผลผลิต

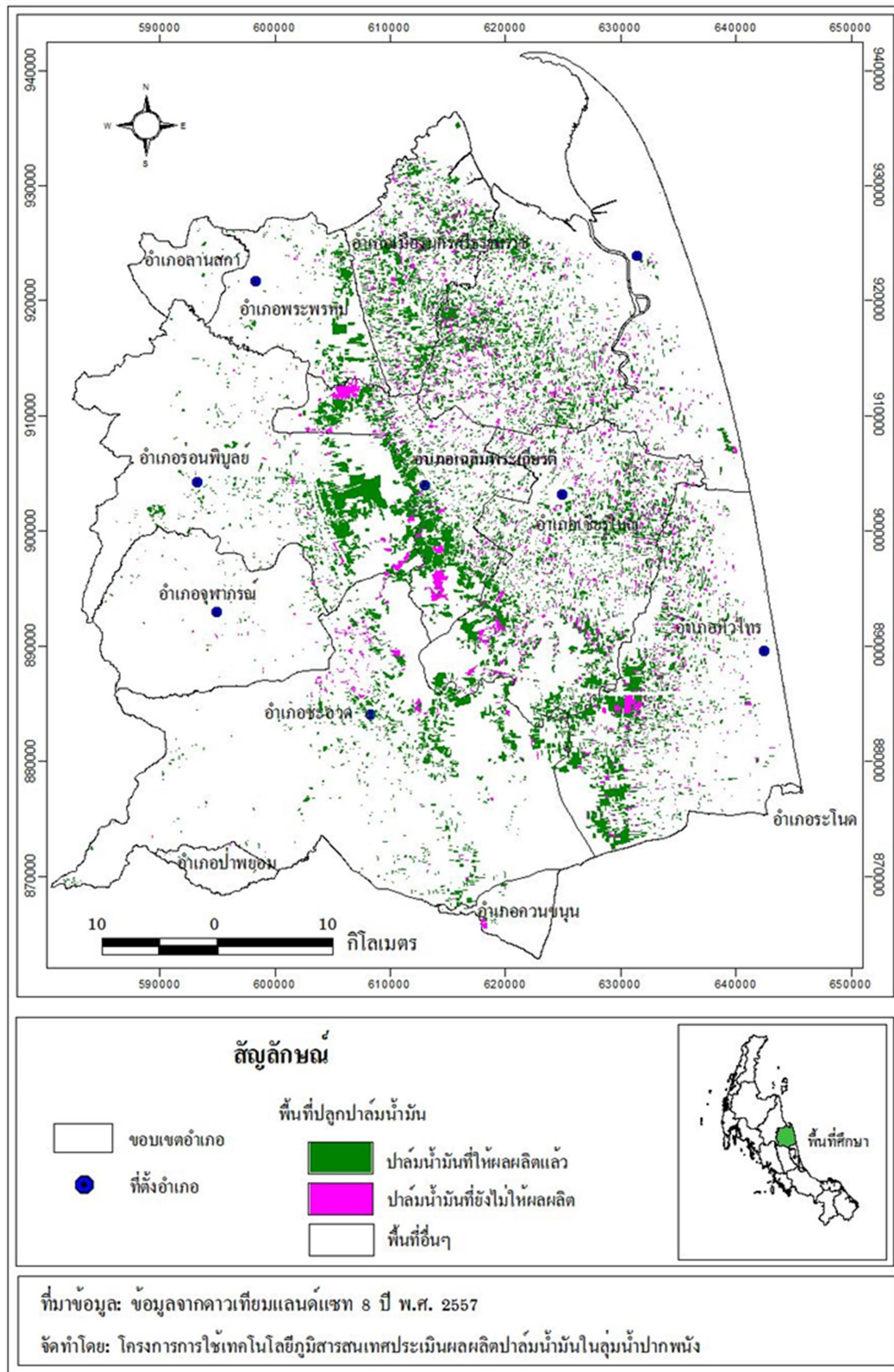
4. ผลการวิจัย

พบว่าลุ่มน้ำปากพนังมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันจำนวน 408.57 ตารางกิโลเมตร (255,359 ไร่) คิดเป็นร้อยละ 12.26 ของพื้นที่ พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันส่วนใหญ่อยู่บริเวณพื้นที่พรุซึ่งอยู่ตอนกลางและพื้นที่ราบทางทิศตะวันออก โดยจำแนกออกเป็นพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้วจำนวน 333.55 ตารางกิโลเมตร (208,470 ไร่) และพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันที่ยังไม่ให้ผลผลิตจำนวน 75.02 ตารางกิโลเมตร (46,889 ไร่) พื้นที่ที่ปลูกมากได้แก่ **อำเภอเชียรใหญ่** มีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน

จำนวน 79.47 ตารางกิโลเมตร (49,669 ไร่) จำแนกออกเป็นพื้นที่ที่ให้ผลผลิตแล้ว 61.24 ตารางกิโลเมตร (38,275 ไร่) และพื้นที่ที่ยังไม่ให้ผลผลิตจำนวน18.23 ตารางกิโลเมตร (11,394 ไร่) **อำเภอปากพนัง** มีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันจำนวน 65.66 ตารางกิโลเมตร (41,038 ไร่) จำแนกออกเป็นพื้นที่ที่ให้ผลผลิตแล้ว 50.50 ตารางกิโลเมตร (31,563 ไร่) และพื้นที่ที่ยังไม่ให้ผลผลิตจำนวน 15.16 ตารางกิโลเมตร (9,475 ไร่) และ**อำเภอหัวไทร** มีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันจำนวน 64.13 ตารางกิโลเมตร (40,081 ไร่) จำแนกออกเป็นพื้นที่ที่ให้ผลผลิตแล้ว 51.17 ตารางกิโลเมตร (31,981 ไร่) และพื้นที่ที่ยังไม่ให้ผลผลิตจำนวน 12.96 ตารางกิโลเมตร (8,100 ไร่)ดังตารางที่1 และรูปที่ 7

ตารางที่ 1 พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังรายอำเภอโดยจำแนกออกเป็นพื้นที่ที่ให้ผลผลิตแล้วและยังไม่ให้ผลผลิต

อำเภอ	พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน				รวมพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันทั้งหมด	
	ที่ให้ผลผลิตแล้ว		ที่ยังไม่ให้ผลผลิต			
	ตารางกิโลเมตร	ไร่	ตารางกิโลเมตร	ไร่	ตารางกิโลเมตร	ไร่
เชียรใหญ่	61.24	38,275	18.23	11,394	79.47	49,669
ปากพนัง	50.50	31,563	15.16	9,475	65.66	41,038
หัวไทร	51.17	31,981	12.96	8,100	64.13	40,081
เฉลิมพระเกียรติ	41.66	26,038	10.96	6,850	52.62	32,888
ร่อนพิบูลย์	41.09	25,681	2.87	1,794	43.96	27,475
ชะอวด	36.75	22,969	5.10	3,188	41.85	26,157
จุฬาภรณ์	1.52	950	0.37	231	1.89	1,181
เมืองนครศรีธรรมราช (บางส่วน)	36.09	22,556	8.29	5,181	44.38	27,737
พระพรหม (บางส่วน)	12.14	7,588	0.66	413	12.8	8,001
ลานสกา (บางส่วน)	0.48	300	0.05	31	0.53	331
ควนขนุน (บางส่วน)	0.72	450	0.35	219	1.07	669
ป่าพะยอม (บางส่วน)	0.19	119	0.02	13	0.21	132
รวม	**333.55**	**208,470**	**75.02**	**46,889**	**408.57**	**255,359**

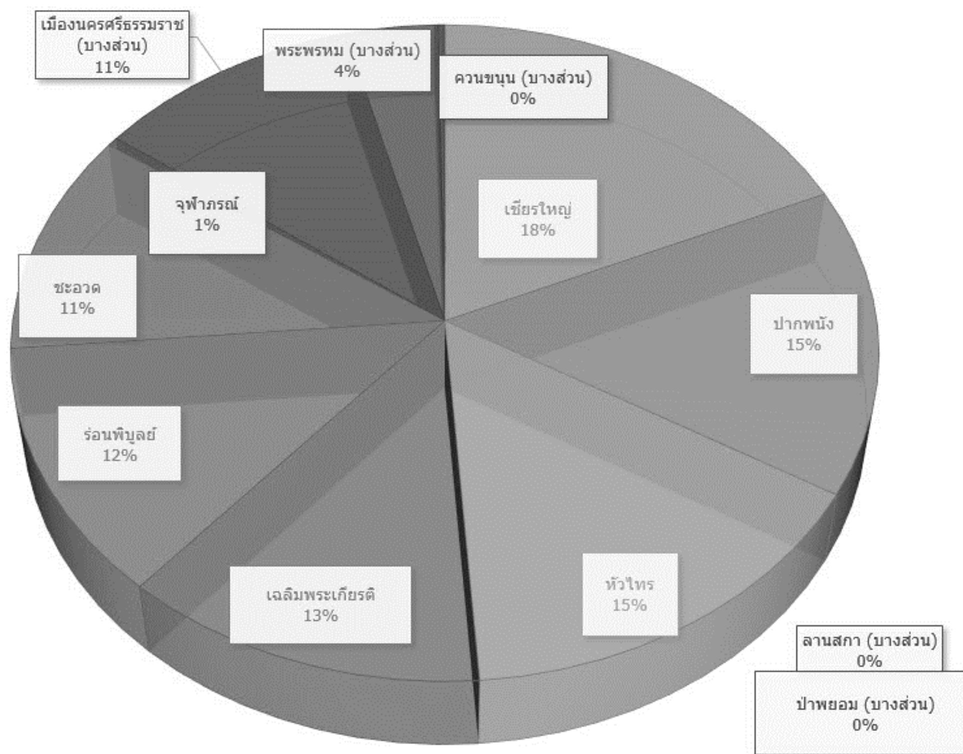


รูปที่ 7 แผนที่แสดงพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังโดยจำแนกออกเป็นพื้นที่ที่ให้ผลผลิตแล้วและยังไม่ให้ผลผลิต

ผลผลิตปาล์มน้ำมันในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง โดยที่ผลผลิตเฉลี่ยของปาล์มน้ำมันในประเทศไทย ตั้งแต่ ปี 2528 เป็นต้นมา พบว่าผลผลิตเฉลี่ยต่อปี มีความแตกต่างกัน เนื่องจากมีปัจจัยต่าง ๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น อายุการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน พันธุ์ปาล์มน้ำมัน การดูแลรักษา และสภาพพื้นที่ ตลอดจนปัจจัยจากสิ่งแวดล้อม เป็นต้น การประเมินผลผลิตปาล์มน้ำมันจากพื้นที่ที่ให้ผลผลิตกับจำนวนผลผลิตต่อไร่ จึงใช้ค่าผลผลิตต่อไร่โดยเฉลี่ยประมาณ 3,000 กิโลกรัมพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในลุ่มน้ำปากพนังที่ให้ผลผลิตแล้วมีจำนวน 208,470 ไร่ จากพื้นที่ดังกล่าว คาดว่าปี พ.ศ. 2558 จะมีผลผลิตปาล์มน้ำมันประมาณ 625,410 ตันดังตารางที่2 และรูปที่ 8โดยที่อำเภอเชียรใหญ่จะมีผลผลิตปาล์มน้ำมันออกสู่ตลาดมากที่สุดมีจำนวน 114,825 ตัน คิดเป็นร้อยละ 18 ของผลผลิตปาล์มน้ำมันทั้งหมดในลุ่มน้ำปากพนัง

ตารางที่ 2 ผลผลผลิตปาล์มน้ำมันในพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้ว

อำเภอ	พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้ว		ผลผลิตปาล์มน้ำมัน
	ตารางกิโลเมตร	ไร่	(ตัน)
เชียรใหญ่	61.24	38,275	114,825
ปากพนัง	50.50	31,563	94,689
หัวไทร	51.17	31,981	95,943
เฉลิมพระเกียรติ	41.66	26,038	78,114
ร่อนพิบูลย์	41.09	25,681	77,043
ชะอวด	36.75	22,969	68,907
จุฬาภรณ์	1.52	950	2,850
เมืองนครศรีธรรมราช (บางส่วน)	36.09	22,556	67,668
พระพรหม (บางส่วน)	12.14	7,588	22,764
ลานสกา (บางส่วน)	0.48	300	900
ควนขนุน (บางส่วน)	0.72	450	1,350
ป่าพะยอม (บางส่วน)	0.19	119	357
รวม	**333.55**	**208,470**	**625,410**



รูปที่ 8 กราฟแสดงร้อยละของผลผลิตปาล์มน้ำมันในลุ่มน้ำปากพนังรายอำเภอ

5. สรุปผล

การจำแนกพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้วและยังไม่ให้ผลผลิต ด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 (LANDSAT-8) มาตราส่วน 1: 50,000 โดยการแปลตีความด้วยสายตา (Visual interpretation) ในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังซึ่งมีพื้นที่ทั้งหมด 3,331.3 ตารางกิโลเมตร มีการใช้ประโยชน์ที่ดินแตกต่างกันตามสภาพภูมิประเทศ พบว่ามีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันจำนวน 408.57 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 12.26 ของพื้นที่ พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันส่วนใหญ่อยู่บริเวณพื้นที่พรุซึ่งอยู่ตอนกลางและพื้นที่ราบทางทิศตะวันออกของพื้นที่ โดยจำแนกออกเป็นพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้วจำนวน 333.55 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันที่ยังไม่ให้ผลผลิตจำนวน 75.02 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ที่ปลูกมากได้แก่ อำเภอเชียรใหญ่ มีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันจำนวน 79.47 ตารางกิโลเมตร จำแนกออกเป็นพื้นที่ที่ให้ผลผลิตแล้ว 61.24 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ที่ยังไม่ให้ผลผลิตจำนวน 18.23 ตารางกิโลเมตร อำเภอปากพนัง มีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันจำนวน 65.66 ตารางกิโลเมตร จำแนกออกเป็นพื้นที่ที่ให้ผลผลิตแล้ว 50.50 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ที่ยังไม่ให้ผลผลิตจำนวน 15.16 ตารางกิโลเมตร และอำเภอหัวไทร มีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันจำนวน 64.13 ตารางกิโลเมตร จำแนกออกเป็นพื้นที่ที่ให้ผลผลิตแล้ว 51.17 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ที่ยังไม่ให้ผลผลิตจำนวน 12.96 ตารางกิโลเมตร การประเมินผลผลิตปาล์มน้ำมันจากพื้นที่ที่ให้ผลผลิตกับจำนวนผลผลิตต่อไร่โดยเฉลี่ย โดยใช้ค่าผลผลิตต่อไร่โดยเฉลี่ยประมาณ 3,000 กิโลกรัม จากพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในลุ่มน้ำปากพนังที่ให้ผลผลิตแล้วมีจำนวน 208,470 ไร่ จากพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้ว คาดว่าปี 2558 จะมีผลผลิตปาล์มน้ำมันประมาณ 625,410 ตันอำเภอเชียรใหญ่จะมีผลผลิตปาล์มน้ำมันออกสู่ตลาดมากที่สุดมีจำนวน 114,825 ตัน คิดเป็นร้อยละ 18 ของผลผลิตปาล์มน้ำมันทั้งหมดในลุ่มน้ำปากพนัง

6. ข้อเสนอแนะ

การศึกษาพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในลุ่มน้ำปากพนังโดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 ซึ่งเป็นข้อมูลดาวเทียมที่มีรายละเอียดปานกลาง (30 เมตรและPanchromatic 15 เมตร) นั้น จะจำแนกพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันออกจากพืชชนิดอื่นที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันและการระบุช่วงอายุของปาล์มน้ำมันด้วยวิธีการจำแนกด้วยสายตาอาจทำได้ยาก แปลงปลูกปาล์มน้ำมันบางแปลงมีขนาดเล็ก และบางพื้นที่อาจมีเมฆปกคลุม แต่มีความเหมาะสมสำหรับดูภาพรวมในพื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นพื้นที่ขนาดใหญ่ จึงได้ใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงจาก Google Earth ซึ่งสามารถดูข้อมูลได้หลายช่วงเวลามาแปลด้วยสายตา ทำให้สามารถจำแนกแปลงปลูกได้ชัดเจน และระบุช่วงอายุได้ มาประกอบกับข้อมูลจากดาวเทียมแลนด์แซท 8

การประเมินผลผลิตปาล์มน้ำมัน เนื่องจากไม่มีข้อมูลผลผลิตต่อไร่ของแต่ละแปลงในพื้นที่จึง ด้วยข้อจำกัดในการศึกษา จึงใช้ค่าผลผลิตต่อไร่โดยเฉลี่ยประมาณ 3,000 กิโลกรัมจากการทบทวนเอกสาร โดยที่ผลผลิตเฉลี่ยของปาล์มน้ำมันในประเทศไทย ตั้งแต่ ปี 2528 เป็นต้นมา พบว่าผลผลิตเฉลี่ยต่อปี มีความแตกต่างกัน เนื่องจากมีปัจจัยต่าง ๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น อายุการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน พันธุ์ปาล์มน้ำมัน การดูแลรักษา และสภาพพื้นที่ ตลอดจนปัจจัยจากสิ่งแวดล้อม เป็นต้น การประเมินผลผลิตปาล์มน้ำมัน

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. (2549). **รายงานการสำรวจ ประเมิน และคาดการณ์ผลผลิตจากพืชเศรษฐกิจ ปีการผลิต 2549 โดยใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์**. Retrieved May 9, 2015.from http://www.ldd.go.th/Lddwebsite/web_osl/pdf/book/2549_oilpalm.pdf.

เดลินิวส์เว็บ จำกัด. 2555. **ข่าวเกษตร**: ประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียมพยากรณ์ผลผลิตการเกษตร. Retrieved April 4, 2015.from m.dailynews.co.th/News.do?contentId=6137

สำนักงานเกษตรจังหวัดนครศรีธรรมราช. (2557).**ข้อมูลการปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ:**พื้นที่เพาะปลูก ผลผลิตเฉลี่ย ผลผลิตรวม ปาล์มน้ำมัน ปี 2557. Retrieved May 17, 2015.from http://www.nakhonsri.doae.go.th/wp/wp5.html

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2555** . Retrieved September 10, 2015. from http://www.oae.go.th/download/download_journal/ yearbook55.pdf

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์กรมหาชน). 2557. **คลังข้อมูลสารสนเทศระดับภูมิภาค (ภาคใต้) ปาล์มน้ำมัน Oil palm**. Retrieved July 22, 2015from http://www.arda.or.th/kasetinfo/south/palm/ _trends/01-04.php

Google Inc. (2014). **Google Earth**. Retrieve January 15, 2014, from http://earth.google.com

การประมวลผลชีพลักษณ์พืชพรรณระหว่างรูปภาพ Field Server และ Landsat 8 เพื่อเปรียบเทียบปฏิทินเพาะปลูกข้าว

Vegetation Phenology Processing between Field Server and Landsat 8 Images for Comparing Rice Crop Calendar

นรุตม์ สุนทรานนท์ สยาม ลววิโรจน์วงศ์ กุลสวัสดิ์ จิตขจรวานิช
ภานุ เศรษฐเสถียร และ ปรีสาร รักวาทิน
Narut Soontranon, Siam Lawawirojwong, Kulsawasd Jitkajornwanich,
Panu Srestasathiern and Preesan Rakwatin
สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)
120 ศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ (อาคาร B) ม.3 ถ.แจ้งวัฒนะ หลักสี่ กรุงเทพฯ 10210
โทรศัพท์ 02-141-4604 โทรสาร 02-143-9595 e-mail: narut@gistda.or.th

บทคัดย่อ

ในการประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับงานประยุกต์ด้านเกษตร กราฟชีพลักษณ์พืชพรรณ สามารถนำมาใช้เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงสถานะของแปลงเพาะปลูกได้ โดยทั่วๆ ไป รูปภาพดาวเทียมอนุกรมเวลา จะถูกคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณ เพื่อสร้างกราฟชีพลักษณ์พืชพรรณ และ นำไปหาค่าปฏิทินเพาะปลูก ซึ่งจะมุ่งเน้นไปที่ 2 ตัวแปรสำคัญ คือ วันเริ่มต้นและสิ้นสุดการเพาะปลูก อย่างไรก็ตามข้อมูลจากภาคพื้นดินเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการตรวจสอบความถูกต้อง ในที่นี้จะใช้รูปภาพจากอุปกรณ์ Field Server ซึ่งติดตั้งที่แปลงเกษตรเป็นข้อมูลอ้างอิง บทความฉบับนี้ เสนอการประมวลผลชีพลักษณ์พืชพรรณของแปลงข้าว บนพื้นฐานของข้อมูล 2 ประเภท ได้แก่ รูปภาพภาคพื้นดิน (Field Server) และ รูปภาพดาวเทียม (Landsat 8) ปฏิทินเพาะปลูกที่คำนวณได้ จะถูกนำมาเปรียบเทียบ โดยใช้รูปภาพภาคพื้นดิน “รายวัน” เป็นข้อมูลอ้างอิง จากผลการทดลอง เมื่อใช้ข้อมูลดาวเทียม Landsat 8 “ราย 16 วัน” ปฏิทินที่ได้มีความผิดพลาดของปฏิทินเพาะปลูกประมาณ 18-19 วัน สำหรับแนวทางในการดำเนินงานต่อไป กราฟชีพลักษณ์พืชพรรณ จะถูกใช้ในการสอบเทียบ (Calibrate) เพื่อสร้างแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการสร้างกระบวนการจำแนกพื้นที่และสถานะของแปลงข้าว ณ เวลาต่างๆ จากภาพถ่ายดาวเทียม ได้อย่างแม่นยำมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ : ชีพลักษณ์พืชพรรณ ดัชนีพืชพรรณ แปลงข้าว Field Server Landsat 8

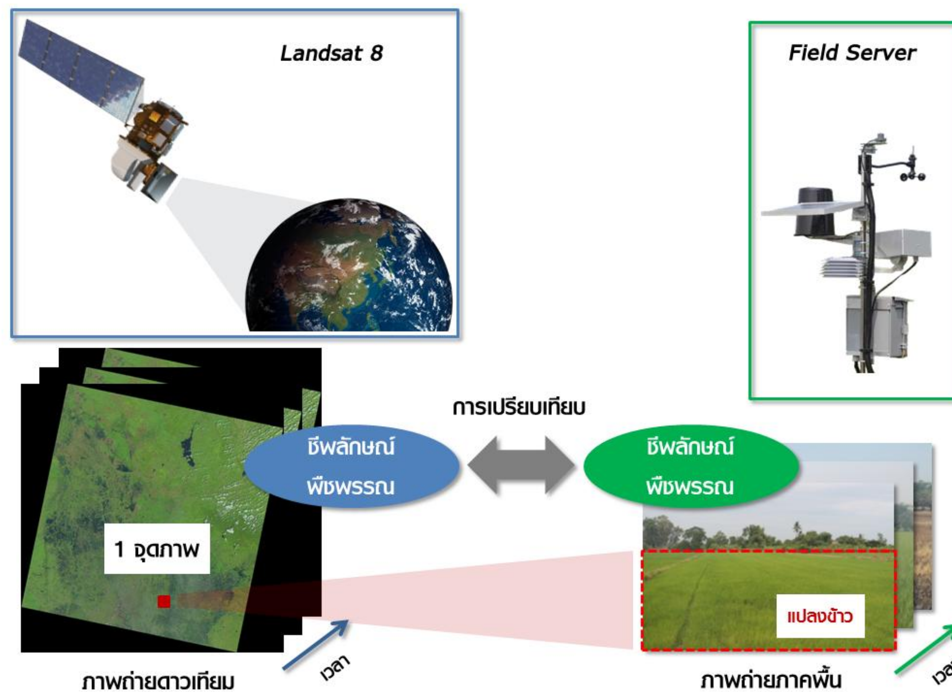
ABSTRACT

To process satellite images for agricultural applications, the vegetation phenology can be utilized for monitoring status of crop cycle. In general, vegetation index is computed on the time-series images. Then the vegetation phenology and crop calendar will be obtained respectively. Considering to the crop calendar, we focus on two significant parameters: start of growing season (SOS) and end of growing season (EOS). However, ground-based data is required for validating results of the SOS and EOS. The ground-based data is referred to images acquired from Field Server stations installed in agriculture fields. In this paper, we propose a method for processing the vegetation phenology of rice field. Based on two sets of images, ground-based (Field Server) and satellite-based (Landsat 8), the results of the crop calendars will be compared and evaluated by using the ground-based as the reference. In the experiments, the day shift error (SOS, EOS) is approximately 18-19 days by using 16 days images (Landsat 8). For the perspective work, the vegetation phenology curve will be calibrated in order to obtain an efficient model. Given the satellite images, the calibration model will be used for classifying the accurate areas and status of the rice fields.

KEY WORDS : Vegetation Phenology, Vegetation Index, Rice Field, Field Server, Landsat 8

1. บทนำ

เทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing Technology) สามารถนำมาใช้พัฒนางานประยุกต์ต่างๆ ได้หลากหลาย หนึ่งในงานประยุกต์ที่มีการกล่าวถึงในปัจจุบัน คือ เกษตรแบบแม่นยำ (Precision Agriculture) เนื่องจากข้าวเป็นอาหารหลักของคนไทย มีความเกี่ยวข้องในเชิงสังคม วิถีชีวิต อีกทั้งยังมีเกษตรกรไทยเพาะปลูกข้าวเป็นจำนวนมาก บทความฉบับนี้ จึงมุ่งเน้นไปที่แนวทางการสร้างระบบติดตามการเพาะปลูกข้าวแบบอัตโนมัติ โดยนำเสนอการเปรียบเทียบชีพลักษณ์พืชพรรณ (Vegetation Phenology) บนแปลงข้าว ซึ่งคำนวณมาจากข้อมูลรูปภาพอนุกรมเวลา 2 ชุด ที่มีความแตกต่างกัน คือ ภาพถ่ายจากภาคพื้นดิน “Field Server” และ ภาพถ่ายจากดาวเทียม “Landsat 8” [3] การเปรียบเทียบนี้จะใช้ 2 ตัวแปรชีพลักษณ์ที่สำคัญ คือ วันเริ่มต้นและวันสิ้นสุดของแต่ละรอบการเพาะปลูก (ปฏิทินการเพาะปลูก) ที่คำนวณได้จากภาพถ่ายทั้ง 2 ชุด โดยใช้ข้อมูลภาคพื้นดินเป็นข้อมูลอ้างอิง [1,2,5,7,8] เนื่องจากเป็นรูปภาพจากแปลงข้าวโดยตรง มีความชัดเจน สามารถจำแนกสถานะเพาะปลูกได้จากรูปภาพ



รูปที่ 1 การเปรียบเทียบชีพลักษณ์พืชพรรณ ระหว่าง ภาพถ่ายดาวเทียม “Landsat 8” และภาคพื้น “Field Server”
(1 จุดภาพของ Landsat 8 ที่ 30 x 30 ตารางเมตร จะถูกเทียบกับ 1 รูปภาพของ Field Server บริเวณแปลงข้าว)

หากกล่าวถึง ข้อมูลทั้ง 2 ชุด ที่นำมาใช้ในการทดลอง ข้อมูลภาพถ่ายภาคพื้น จะอ้างถึง ระบบติดตามการเกษตร (Agriculture Monitoring System: AMS Thailand) โดยระบบดังกล่าวนี้ มีการติดตั้งอุปกรณ์ที่เรียกว่า Field Server เพื่อเก็บข้อมูลแปลงเกษตรต่างๆ ทั่วประเทศ ปัจจุบันมีจำนวน 24 สถานี ประกอบไปด้วยแปลงข้าวจำนวน 11 สถานี ข้อมูลรูปภาพแปลงข้าวรายวัน จะถูกบันทึกและส่งมาเก็บที่ฐานข้อมูลแบบอัตโนมัติ โดยผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลบนพื้นฐานบริการผ่านเว็บ (Web-based services) ได้ ซึ่งชีพลักษณ์พืชพรรณของแปลงข้าวจะคำนวณจากรูปภาพรายวันนี้ สำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ซึ่งเป็นข้อมูลแบบเปิด (Open data) ไม่มีค่าใช้จ่าย รูปภาพ Landsat 8 มีความละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial resolution) 30 เมตร/จุดภาพ และมีความละเอียดเชิงเวลา (Temporal resolution) 16 วัน ในการคำนวณชีพลักษณ์พืชพรรณของภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ณ ตำแหน่งจุดติดตั้ง Field Server จะถูกนำมาใช้เพื่อการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากแปลงข้าวเดียวกัน อย่างไรก็ตาม เนื่องจาก Landsat 8 มีความละเอียดเชิงเวลาน้อยกว่า Field Server วิธีการประมาณค่าในช่วง (Interpolation) จะถูกนำมาใช้สำหรับการเปรียบเทียบดังกล่าว แสดงแผนภาพในรูปที่ 1

2. วัตถุประสงค์

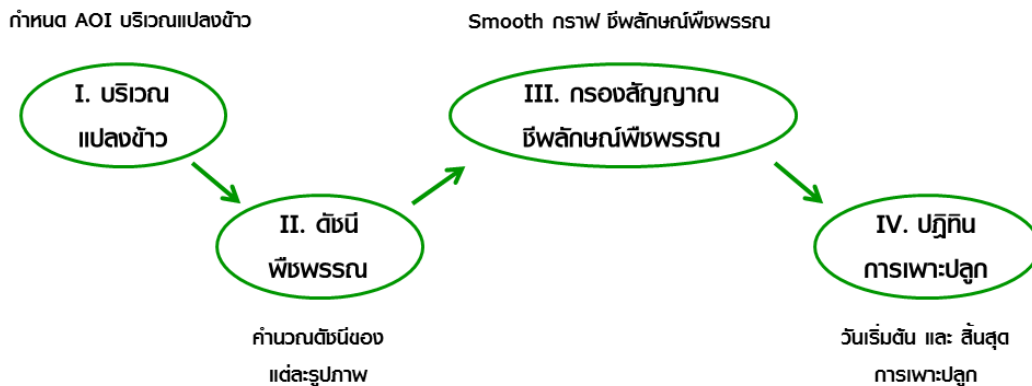
- เพื่อสร้างระเบียบวิธีในการประมวลผลกราฟชีพลักษณ์พืชพรรณ (รายปี) แบบอัตโนมัติ และ กำหนดปฏิทินการเพาะปลูก โดยมุ่งไปที่ตัวแปรสำคัญ 2 ตัวแปร คือ วันเริ่มต้นและสิ้นสุดรอบการเพาะปลูก
- เพื่อเปรียบเทียบชีพลักษณ์พืชพรรณบนแปลงข้าวที่ได้จากรูปภาพ Field Server และ Landsat 8
- เพื่อหาความสัมพันธ์ และ ความคลาดเคลื่อนของปฏิทินการเพาะปลูก ระหว่างรูปภาพภาคพื้นดิน และ ดาวเทียม โดยใช้รูปภาพภาคพื้นดิน (Field Server) เป็นข้อมูลอ้างอิง

3. วิธีการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ จะกล่าวถึง วิธีการคำนวณชีพลักษณ์พืชพรรณ ซึ่งใช้ระดับของดัชนีพืชพรรณที่คำนวณได้จากรูปภาพ ณ เวลาต่างๆ จากนั้นจะเป็นการประมวลผลกราฟชีพลักษณ์พืชพรรณ เพื่อนำไปสู่การกำหนดปฏิทินการเพาะปลูก สามารถอธิบายแยกตามประเภทของข้อมูลรูปภาพทั้ง 2 ประเภท ดังนี้

3.1 รูปภาพภาคพื้นดิน “Field Server”

รูปภาพที่ได้จากภาคพื้นดิน อ้างถึงข้อมูลของปี พ.ศ. 2557 ถูกบันทึกจากอุปกรณ์ Field Server ของระบบติดตามการเกษตร (AMS) เป็นรูปภาพรายวันมีความละเอียด 640 x 480 จุดภาพ แผนภาพดังแสดงในรูปที่ 2 การประมวลผลรูปภาพ Field Server สามารถอธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 2 แผนภาพการประมวลผลรูปภาพจาก Field Server สำหรับชีพลักษณ์พืชพรรณ และ ปฏิทินการเพาะปลูก

I. รูปภาพ Field Server แต่ละรูป จะประกอบด้วย แปลงข้าวและส่วนที่ไม่ใช่แปลงข้าว (แนวเขา ท้องฟ้า) ดังนั้น รูปภาพจะถูกประมวลผลเพื่อแยกบริเวณสนใจ (Area of Interest: AOI) คือ แปลงข้าว

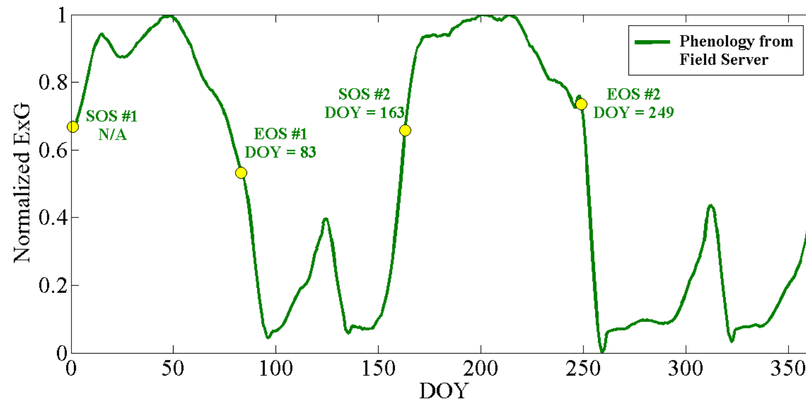
II. การคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index) อ้างอิงจากบริเวณแปลงข้าวแต่ละรูป เพื่อให้ได้กราฟชีพลักษณ์พืชพรรณ ในที่นี้จะใช้ดัชนีพืชพรรณแบบ ExG (Excessive Green) [7,8,9]

III. กราฟชีพลักษณ์พืชพรรณถูกประมวลผล ผ่านตัวกรองสัญญาณความถี่ต่ำ เพื่อลดการสวิงขึ้น-ลงของกราฟ “Smooth curve” โดยใช้ระเบียบวิธีแบบ Savitzky-Golay [6]

IV. การกำหนดค่าวันเริ่มต้นและสิ้นสุดการเพาะปลูก โดยกำหนดจาก 2 เงื่อนไข ณ ช่วงเวลาที่มีการเพาะปลูก คือ (1) ค่าระดับดัชนีพืชพรรณ มากกว่าหรือเท่ากับ 0.4 อ้างอิงจากค่านอร์มัลไลซ์ของดัชนีพืชพรรณ (Normalized Vegetation Index) และ (2) พื้นที่ใต้กราฟที่คำนวณได้ 5% “วันเริ่มต้น” และ 95% “วันสิ้นสุด” [8] อย่างไรก็ตาม เงื่อนไขของระดับดัชนีพืชพรรณ 0.4 และพื้นที่ใต้กราฟ (5% และ 95%) ที่นำมาใช้นี้ เป็นการคาดคะเนวันเริ่มต้นและวันสิ้นสุดโดยสังเกตจากรูปภาพที่ได้จาก Field Server ของทีมวิจัย โดยเงื่อนไขดังกล่าว อาจมีการปรับแก้ได้ในอนาคต เมื่อมีตัวอย่างของรูปภาพที่ได้จาก Field Server จำนวนมากขึ้น

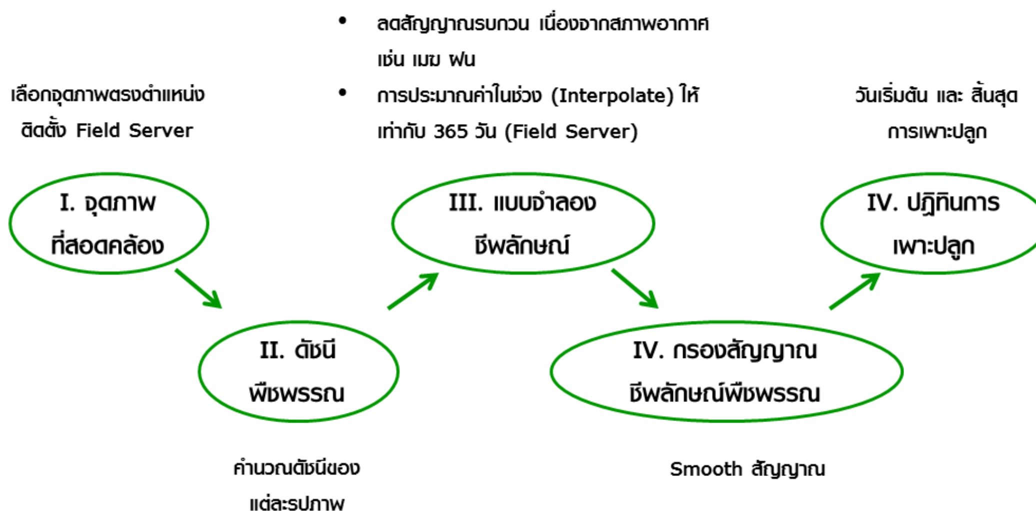
ผลการประมวลผลรูปภาพจาก Field Server ของแปลงข้าว ชนิดนาปรัง จ. สุพรรณบุรี เพื่อสร้างกราฟชีพลักษณ์พืชพรรณ รวมทั้งการกำหนดวันเริ่มต้นและสิ้นสุดแต่ละรอบการเพาะปลูก แสดงในรูปที่ 3 จะเห็นว่ามีจำนวน 2 รอบเพาะปลูก

(มีคลื่นหลัก 2 ลูก ส่วนคลื่นย่อยขนาดเล็กเกิดขึ้นเนื่องจากวัชพืช) จุดสีเหลืองที่แสดงบนกราฟ หมายถึง วันเริ่มต้น (SOS: start of growing season) และ วันสิ้นสุด (EOS: end of growing season) ตามลำดับ สามารถอธิบายความหมายของกราฟได้ดังนี้ ค่าทางแกน Y หมายถึง ระดับของค่านอร์มัลไลซ์ ExG ซึ่งเป็นค่าดัชนีพืชพรรณที่ใช้ในการคำนวณภาพจาก Field Server และ ค่าทางแกน x หมายถึง เวลา แสดงโดยค่า DOY (day of year) มีค่าระหว่าง 1 (1 ม.ค. 57) ถึง 365 (31 ธ.ค. 57) จากกราฟดังกล่าว วันเริ่มต้นรอบเพาะปลูกที่ 1 (SOS #1) ไม่สามารถกำหนดได้ สังเกตได้จากกราฟว่ามีการเริ่มปลูกก่อนปี พ.ศ. 2557 วันสิ้นสุดรอบที่ 1 (EOS #1) เท่ากับ 83 วันเริ่มต้นรอบที่ 2 (SOS #2) เท่ากับ 163 และ วันสิ้นสุดรอบที่ 2 (EOS #2) เท่ากับ 249



รูปที่ 3 ชีพลักษณ์พืชพรรณ และ ปฏิทินการเพาะปลูกข้าว ที่คำนวณได้จากรูปภาพ Field Server

3.2 รูปภาพดาวเทียม "Landsat 8"



รูปที่ 4 แผนภาพการประมวลผลรูปภาพ Landsat 8 สำหรับชีพลักษณ์พืชพรรณ และ ปฏิทินการเพาะปลูก

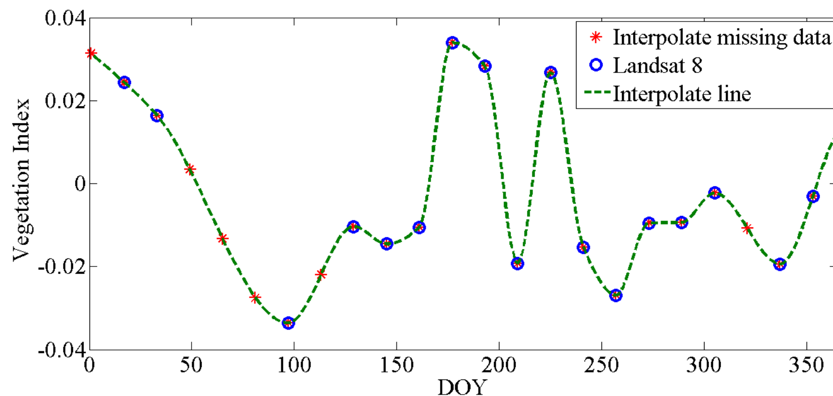
รูปภาพดาวเทียม Landsat 8 อ้างถึงข้อมูล ณ เวลา (พ.ศ. 2557) และ ตำแหน่งเดียวกัน (หนึ่งจุดภาพ ณ ตำแหน่งติดตั้ง Field Server) ซึ่งจะมีความละเอียดเชิงพื้นที่ เท่ากับ 30 เมตร และมีความละเอียดเชิงเวลา 16 วัน ดังแสดงในรูปที่ 4 ชีพลักษณ์พืชพรรณ และ ปฏิทินการเพาะปลูก ที่คำนวณได้จากรูปภาพ Landsat 8 สามารถอธิบายได้ดังนี้

I. เลือกจุดภาพที่ตรงกับตำแหน่งติดตั้ง Field Server ของแปลงข้าว
II. คำนวณค่าดัชนีพืชพรรณของจุดภาพนั้น โดยใช้ดัชนีพืชพรรณแบบ ExG เช่นเดียวกัน

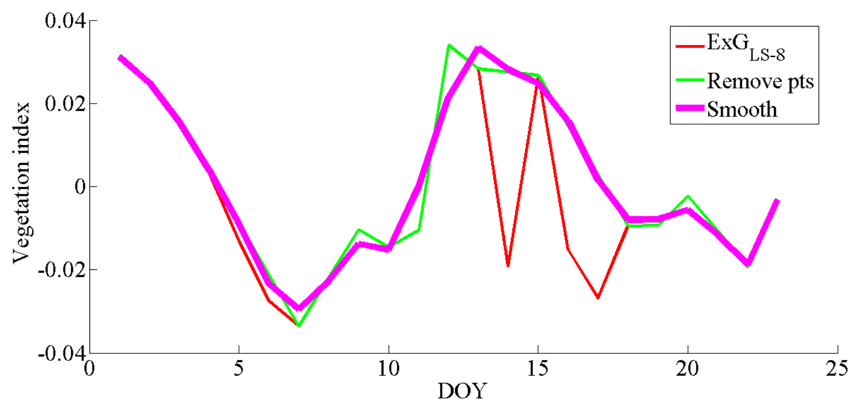
III. การประมวลผลชีพลักษณ์พืชพรรณ โดยใช้แบบจำลองเพื่อวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการ คือ ลดค่ารบกวนจากสภาพอากาศ เช่น เมฆ ฝน และ การประมาณค่าในช่วง (Interpolation) ให้มีความละเอียดเชิงเวลาเท่ากับ 365 วัน (เทียบเท่ากับชีพลักษณ์พืชพรรณที่คำนวณได้จาก Field Server) เนื่องจาก Landsat 8 เป็นข้อมูลราย 16 วัน

IV. หลังจากได้กราฟชีพลักษณ์พืชพรรณมาแล้ว จะถูกนำมาประมวลผลอีกครั้ง เพื่อลดการสวิงขึ้นลง โดยใช้แนวทางเดียวกันกับชีพลักษณ์ที่ได้จาก Field Server คือ Savitzky-Golay

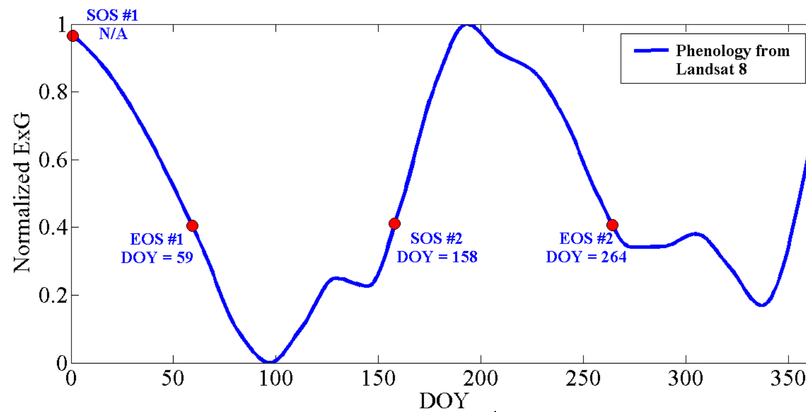
V. ในขั้นตอนสุดท้าย การคำนวณหาปฏิทินการเพาะปลูก ก็จะอ้างถึงวิธีการเดียวกับการประมวลผลชีพลักษณ์ที่ได้จาก Field Server (ค่าดัชนีพืชพรรณ มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.4 และ พื้นที่ใต้กราฟมีค่า 5% และ 95% สำหรับวันเริ่มต้นและสิ้นสุดรอบเพาะปลูกโดยลำดับ)



รูปที่ 5 ค่าดัชนีพืชพรรณที่ได้จาก Landsat 8 และการประมาณค่าในช่วงเพื่อทดแทนค่าที่หายไป



รูปที่ 6 การประมวลผลเพื่อลดค่ารบกวนจาก เมฆ ฝน กราฟที่ปรับระดับ (ลดค่ารบกวน) แล้ว คือ กราฟสีชมพู



รูปที่ 7 ชีพลักษณ์พืชพรรณ และ ปฏิทินการเพาะปลูกข้าว ที่คำนวณได้จากรูปภาพ Landsat 8

ในรูปที่ 5 แสดงค่าดัชนีพืชพรรณที่คำนวณได้จากรูปภาพ Landsat 8 ทุกๆ 16 วัน (วงกลมสีน้ำเงิน) และค่าที่หายไป (ไม่มีรูปภาพ) จะถูกประมาณค่าในช่วง (* สีแดง) ส่วนเส้นประสีเขียวหมายถึงกราฟชีพลักษณ์พืชพรรณที่ได้ในเบื้องต้น ในรูปที่ 6 เป็นการประมวลผลชีพลักษณ์พืชพรรณ เพื่อลดค่ารบกวนจาก เมฆ ฝน หรือการรบกวนจากชั้นบรรยากาศ โดยมีสมมติฐานว่าสัญญาณที่ได้จะลดระดับลงมาต่ำ (ต้องถูกทำการปรับค่าขึ้นไป) ค่ากราฟชีพลักษณ์พืชพรรณที่ได้จะแสดงด้วยกราฟสีชมพู ในรูปที่ 7 จะเป็นประมาณค่าในช่วงให้มีค่าในแกนเวลา เท่ากับ 365 วัน และทำการกรองสัญญาณด้วยวิธีการแบบ Saviztky-Golay สำหรับวันเริ่มต้นและสิ้นสุดของแต่ละรอบเพาะปลูก สามารถกำหนดด้วย ระดับของดัชนีพืชพรรณที่ถูกนอร์มัลไลซ์ (มากกว่าหรือเท่ากับ 0.4) และ พื้นที่ใต้กราฟช่วงการเพาะปลูก 5% และ 95% สำหรับวันเริ่มต้นและสิ้นสุดโดยลำดับ สำหรับปฏิทินเพาะปลูกที่ได้จาก Landsat 8 ดังนี้ วันเริ่มต้นรอบที่ 1 (SOS #1) ไม่สามารถกำหนดได้ วันสิ้นสุดรอบที่ 1 (EOS #1) เท่ากับ 59 วันเริ่มต้นรอบที่ 2 (SOS #2) เท่ากับ 158 และ วันสิ้นสุดรอบที่ 2 (EOS #2) เท่ากับ 264

หากจะเปรียบเทียบคุณลักษณะของรูปภาพ Field Server และ Landsat 8 สามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบคุณลักษณะของรูปภาพ Field Server และ Landsat 8

	Field Server	Landsat 8
ความละเอียดเชิงพื้นที่	30 x 30 ตารางเมตร	100 x 100 ตารางเมตร (โดยประมาณ)
ความละเอียดเชิงเวลา	รายวัน	16 วัน
มุมมองภาพ	ด้านข้าง	ด้านบน
แถบความยาวคลื่น	R, G, B	NIR, R, G, B
ดัชนีพืชพรรณ	ExG	ExG, NDVI
การประมาณค่าในช่วง	-	แบบ Cubic
ประเภทของพืช	แปลงข้าว (นาปีและนาปรัง)	
กรอบเวลา (1 ปี)	พ.ศ. 2557	
ตัวกรองสัญญาณ	Savitzky-Golay	
ปฏิทินเพาะปลูก	• ค่าดัชนีพืชพรรณมากกว่าหรือเท่ากับ 0.4 • 5% และ 95% ของพื้นที่ใต้กราฟ (วันเริ่มต้นและสิ้นสุดรอบการเพาะปลูก)	
ข้อดี	ความละเอียดเชิงพื้นที่และเชิงเวลาสูง	ครอบคลุมพื้นที่กว้าง

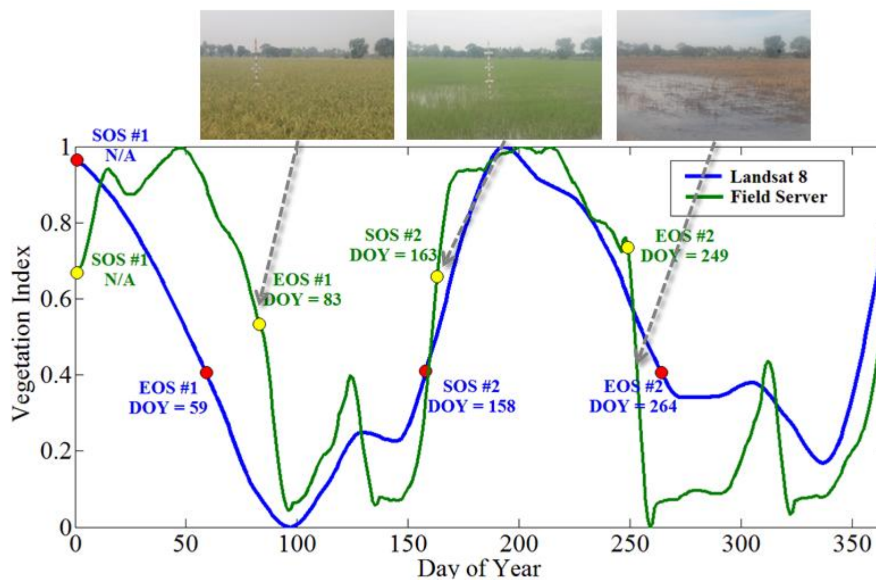
ข้อด้อย	ครอบคลุมพื้นที่แคบ (1-2 แปลงข้าว)	ความละเอียดเชิงพื้นที่และเชิงเวลาต่ำ

4. ผลการเปรียบเทียบ

อ้างถึงวิธีวิจัยที่อธิบายในข้อ 3 จะทำการประมวลผลรูปภาพจาก Field Server และ Landsat 8 ตามแผนภาพที่นำเสนอ และ ผลลัพธ์ที่ได้ คือ ชีพลักษณ์พืชพรรณ และ ปฏิทินเพาะปลูก (วันเริ่มต้นและสิ้นสุด) การนำเสนอผลการเปรียบเทียบ ณ ที่นี้ จะแสดงตัวอย่างจากแปลงทดสอบ 3 แปลง ดังนี้ นาปรัง จ.สุพรรณบุรี (ก) (ข) จำนวน 2 แปลง และ นาปี จ.ร้อยเอ็ด จำนวน 1 แปลง โดยใช้รูปภาพที่บันทึกได้ปี พ.ศ. 2557 ซึ่งผลลัพธ์ของปฏิทินเพาะปลูกที่คำนวณได้จาก Field Server จะใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์และค่าความคลาดเคลื่อนของปฏิทินเพาะปลูกที่ได้จาก Landsat 8

4.1 แปลงข้าว จ.สุพรรณบุรี (ก)

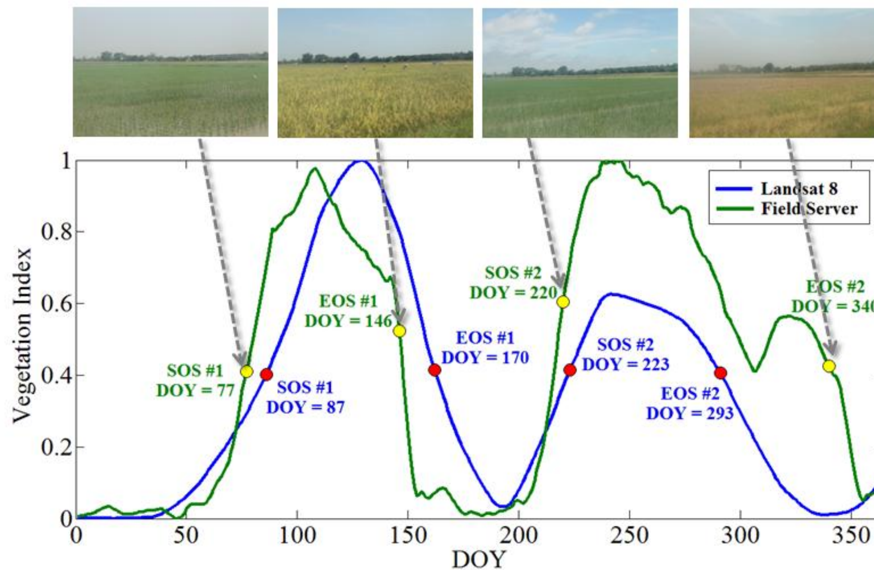
ในรูปที่ 8 แสดงผลการเปรียบเทียบชีพลักษณ์พืชพรรณ และ ปฏิทินเพาะปลูก จากรูปภาพ Field Server และ Landsat 8 รวมทั้งแสดงตัวอย่างรูปภาพจาก Field Server ที่บันทึกได้ ณ เวลาต่างๆ สำหรับ แปลงข้าว จ.สุพรรณบุรี (ก) ซึ่งเป็นแปลงเดียวกับที่ใช้อธิบายในข้อ 3



รูปที่ 8 เปรียบเทียบชีพลักษณ์พืชพรรณ และ ปฏิทินการเพาะปลูกข้าว นาปรัง จ.สุพรรณบุรี (ก)

4.2 แปลงข้าว จ.สุพรรณบุรี (ข)

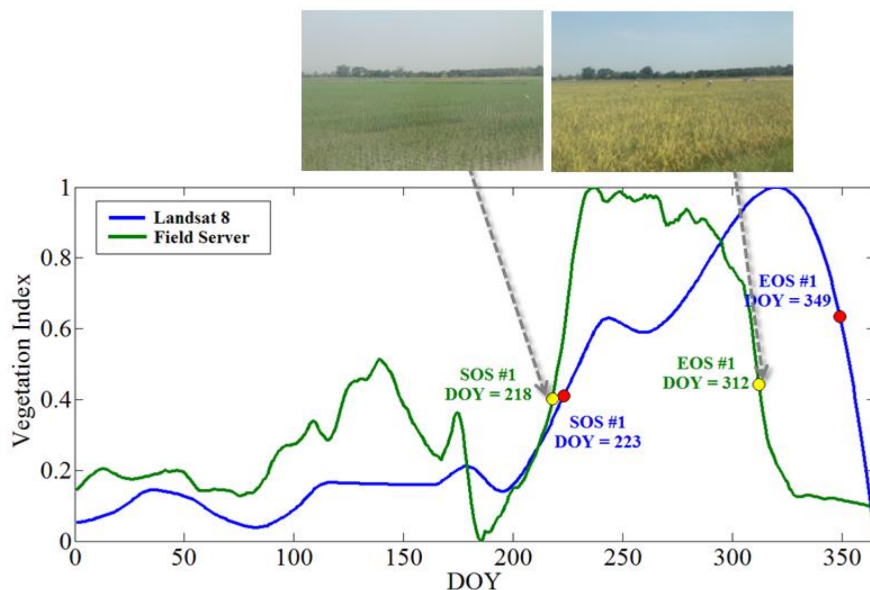
ในรูปที่ 9 คือ ผลของชีพลักษณ์พืชพรรณ แปลงข้าว จ.สุพรรณบุรี (ข) ประเภทนาปรัง 2 รอบการเพาะปลูก จากกราฟดัชนีพืชพรรณ และปฏิทินเพาะปลูก จะเห็นว่า วันเริ่มต้นและสิ้นสุดการเพาะปลูก มีความคลาดเคลื่อนไม่มาก ยกเว้นวันสิ้นสุดการเพาะปลูกรอบที่ 2 ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการเก็บเกี่ยวที่แปลงข้าวจริงถูกเลื่อนออกไป ทำให้รูปคลื่นมีการสวิงขึ้นลง เกิดเป็นยอดคลื่นหลัก 2 ยอด ถือเป็นความคลาดเคลื่อนอันหนึ่งที่พบในการทดลอง อย่างไรก็ตามหากนับจำนวนรอบการเพาะปลูก ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับผลผลิต ระเบียบวิธีที่ใช้ยังคงแปลความหมายได้ 2 รอบการเพาะปลูก ซึ่งทั้งรูปภาพจาก Field Server และ Landsat 8 มีข้อมูลจำนวนรอบเพาะปลูกที่สอดคล้องกัน



รูปที่ 9 เปรียบเทียบชีพลักษณ์พืชพรรณ และ ปฏิทินการเพาะปลูกข้าว นาปรัง จ.สุพรรณบุรี (ข)

4.3 แปลงข้าว จ.ร้อยเอ็ด

ในรูปที่ 10 ผลการทดลองสำหรับแปลงข้าว จ. ร้อยเอ็ด ประเภทนาปี (1 รอบเพาะปลูกต่อปี) การเพาะปลูกจะอยู่ในช่วงครึ่งหลังของปี และมีระยะเวลายาวนานกว่านาปรัง กล่าวถึง ปฏิทินเพาะปลูกที่คำนวณได้จาก Landsat 8 วันเริ่มต้นรอบที่ 1 (SOS #1) เท่ากับ 218 วันสิ้นสุดรอบที่ 1 (EOS #1) เท่ากับ 312 ตามลำดับ สำหรับแปลงข้าวนี้ กราฟดัชนีพืชพรรณที่ได้ระหว่าง Field Server กับ Landsat 8 มียอดคลื่นสูงสุดในตำแหน่งที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากสัญญาณรบกวน (เมฆ หมอก ฝน) ที่เกิดขึ้นกับภาพถ่าย Landsat 8 ทำให้วันสิ้นสุดของการเพาะปลูกที่คำนวณได้มีความคลาดเคลื่อนมาก กรณีนี้ จำเป็นต้องมีวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในอนาคต เช่น การใช้ข้อมูลจากดาวเทียมอื่นๆ มาช่วยในการประมวลผล ตัวอย่าง เช่น MODIS [4] ซึ่งมีความละเอียดเชิงเวลาที่มากกว่า เป็นต้น



รูปที่ 10 เปรียบเทียบชีพลักษณ์พืชพรรณ และ ปฏิทินการเพาะปลูกข้าว นาปี จ.ร้อยเอ็ด

ผลเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของ ปฏิทินเพาะปลูก ที่คำนวณได้จากแปลงข้าวทดสอบทั้ง 3 แปลง แสดงในตารางที่ 2 ค่าคลาดเคลื่อนที่เป็นลบ หมายถึง ปฏิทินที่คำนวณจาก Landsat 8 เกิดขึ้นก่อน Field Server ค่าคลาดเคลื่อนที่เป็นบวก หมายถึง ปฏิทินที่คำนวณจาก Landsat 8 เกิดขึ้นหลัง Field Server ค่าคลาดเคลื่อนสูงสุด -47 เกิดขึ้นที่แปลง จ.สุพรรณบุรี (ข) รอบเพาะปลูกที่ 2 เนื่องจากรูปคลื่นชีพลักษณ์พืชพรรณมี 2 คลื่นย่อยๆ ในรอบการเพาะปลูก แต่ค่าคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ย จะอยู่ที่ประมาณ 18 ถึง 19 วัน ซึ่งถือว่ามีประสิทธิภาพที่ยอมรับได้สำหรับการประมวลผลจากข้อมูล Landsat 8 ที่มีความละเอียดเชิงเวลา 16 วัน อย่างไรก็ตาม จำเป็นต้องพัฒนาวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อนดังกล่าวนี้

ตารางที่ 2 ผลเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของปฏิทินเพาะปลูกข้าว ระหว่าง Field Server และ Landsat 8

แปลงข้าว	ประเภทนา	รูปภาพ	SOS #1	EOS #1	SOS #2	EOS #2
สุพรรณบุรี (ก)	นาปรัง	Field Server	N/A	83	163	249
		Landsat 8	N/A	59	158	264
		ค่าคลาดเคลื่อน	N/A	-24	-5	+15
สุพรรณบุรี (ข)	นาปรัง	Field Server	77	146	220	340
		Landsat 8	87	170	223	293
		ค่าคลาดเคลื่อน	+10	+24	+3	-47
ร้อยเอ็ด	นาปี	Field Server	218	312	-	-
		Landsat 8	223	349	-	-
		ค่าคลาดเคลื่อน	+5	+37	-	-

5. วิจารณ์ผลและสรุปผล

บทความฉบับนี้ นำเสนอ การเปรียบเทียบชีพลักษณ์พืชพรรณ และ ปฏิทินเพาะปลูก (วันเริ่มต้นและวันสิ้นสุดของแต่ละรอบเพาะปลูก) ระหว่างรูปภาพ Field Server (ภาคพื้นดิน) และ Landsat 8 (ดาวเทียม) เนื่องจากข้อมูลทั้ง 2 เซต ได้แก่ Field Server: รายวัน และ Landsat 8: ราย 16 วัน มีความละเอียดเชิงเวลาที่ไม่เท่ากัน จึงไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้โดยตรง การประมาณค่าในช่วงแบบ Cubic (Cubic interpolation) จึงถูกนำมาใช้ สำหรับข้อมูล Landsat 8 ผลการทดลองแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลแปลงข้าว 2 แปลง ที่ จ.สุพรรณบุรี (นาปรัง) และ 1 แปลง ที่ จ.ร้อยเอ็ด (นาปี) โดยใช้ไดอะแกรมที่นำเสนอ ปฏิทินเพาะปลูกที่คำนวณได้จาก Landsat 8 มีความใกล้เคียงกับ Field Server ยกเว้นกรณีที่การปลูกมีการเลื่อนวันเก็บเกี่ยว ที่แปลงข้าว จ.สุพรรณบุรี (ข) รอบเพาะปลูกที่ 2 อย่างไรก็ตาม จำนวนรอบเพาะปลูก ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับผลผลิต สามารถระบุได้อย่างแม่นยำในทั้ง 3 แปลงทดสอบดังกล่าว

สำหรับการดำเนินงานต่อไป นอกจากจะเป็นการพัฒนาแบบจำลองในการสอบเทียบระหว่าง Field Server และ Landsat 8 เพื่อสร้างกระบวนการในการจำแนกและติดตามข้าว ที่มีความแม่นยำสูงแล้ว ยังให้ความสนใจในการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอื่นๆ เช่น MODIS [4] เพื่อลดข้อด้อยในเรื่องความละเอียดเชิงเวลาของข้อมูล เพราะข้อมูล MODIS มีความละเอียดเชิงเวลารายวัน และมีรูปภาพคอมโพสิทราย 8 วัน และ 16 วัน ซึ่งมีประสิทธิภาพมากกว่าในการลดปัญหาการรบกวนจาก เมฆ หมอก ฝน เมื่อเปรียบเทียบกับ Landsat 8

เอกสารอ้างอิง

1. Fisher, J. I., Mustard, J. F., and Vadeboncoeur, M. A. (2006). Green leaf phenology at landsat resolution: Scaling from the field to the satellite. Remote sensing of environment, 100(2):265–279.

2. Ide, R. and Oguma, H. (2010). Use of digital cameras for phenological observations. Ecological Informatics, 5(5):339–347.

3. Landsat-8 (2013). http://landsat.usgs.gov/landsat8.php Accessed: 2015-11-03.

4. MODIS (1999). http://modis.gsfc.nasa.gov/ Accessed: 2015-11-03.

5. Richardson, A. D., Braswell, B. H., Hollinger, D. Y., Jenkins, J. P., and Ollinger, S. V. (2009). Near-surface remote sensing of spatial and temporal variation in canopy phenology. Ecological Applications, 19(6):1417–1428.

6. Savitzky, A. and Golay, M. J. (1964). Smoothing and differentiation of data by simplified least squares procedures. Analytical chemistry, 36(8):1627–1639.

7. Soontranon, N., Lawawirojwong, S., Tangpattanakul, P., Srestasathiern, P., and Rakwatin, P. (2015a). Comparative results of phenology obtained from satellite and ground observation images on paddy field. In Applied Mechanics and Materials, volume 781, pages 539–542. Trans Tech Publ.

8. Soontranon, N., Lawawirojwong, S., Jitkajornwanich, K., Srestasathiern, P. and Rakwatin, P. (2015b). A Comparison of Ground and Satellite Based Phenologies for Monitoring Rice Field, in Asian Conference on Remote Sensing 2015, Manila, Philippines.

9. Woebbecke, D., Meyer, G., Von Bargen, K., and Mortensen, D. (1995). Color indices for weed identification under various soil, residue, and lighting conditions. Transactions of the ASAE, 38(1):259–269.

การประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อการมีส่วนร่วมในชุมชนของหมู่บ้านดงห้วยเย็นจังหวัดลำพูนและหมู่บ้านเป๊าะ จังหวัดลำปาง

GIS Analysis Application for Communities Participation of Dong Hui Yen Village Lamphun Province and Po Village Lampang Province

ศราวุธ พงษ์ลี้รัตน์

SarawutPongleerat

ภาควิชาภูมิสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น

ถนนมหิดล ตำบลหายยา อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

โทรศัพท์ 089-264-0250

e-mail: nuinui2000@hotmail.com

บทคัดย่อ

การประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการมีส่วนร่วมในชุมชนของหมู่บ้านดงห้วยเย็น จังหวัดลำพูนและหมู่บ้านเป๊าะ จังหวัดลำปาง เป็นการดำเนินงานด้วยวิธีวิการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมร่วมกับแนวคิดรักบ้านเกิด กระบวนการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ใช้ ได้แก่ การเชื่อมโยงฐานข้อมูล การวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูล ที่สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการท้องถิ่นได้ข้อมูลข่าวสารที่ได้ทำให้ชุมชนมีบทบาทในการบริหารงานด้วยตนเอง ได้แก่ การสร้างแผนที่ชุมชน แผนที่ธาตุอาหารในดิน และการพัฒนาการจัดทำแอนดรอย์แอพพลิเคชั่นเพื่อการแจ้งข้อมูลข่าวสารในชุมชน ผลการศึกษาพบว่าแนวคิดการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมและแนวคิดรักบ้านเกิดที่ได้บูรณาการเทคนิควิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ จะก่อให้เกิดการกระบวนการการเรียนรู้และนำไปสู่การสร้างเครื่องมือบริหารชุมชนได้อย่างเป็นรูปธรรม

คำสำคัญ: ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แบบมีส่วนร่วมของชุมชน, การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม, แนวคิดรักบ้านเกิด,

ABSTRACT

GIS Analysis Application for Communities Participation of Dong Hui Yen Village Lamphun Province and Po Village Lampang Province. The research methodology used is Participatory Action Research (PAR) and loving hometown method. GIS Analysis Application used a database like analysis and data interpolation analysis can create tool of community spatial management. The information from GIS Analysis make the community has a role in the administration of their own for example a community's map soil nutrients mapping and development to androidapplication for NEWS community management. The results showed that Participatory Action Research (PAR) and loving hometownmethod and GIS Analysis Application could create a learning process to make communities toolscan be tangible concrete.

KEY WORDS : Community Participation Geographic Information Systems (CPGIS),Participatory Action Research (PAR), loving hometown method

1. **บทนำ**

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS)และเป็นเทคโนโลยีที่สามารถรวบรวม จัดการ วิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลเชิงพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยคำว่า “เชิงพื้นที่” นั้นมีความสัมพันธ์กับสิ่งต่างๆ ที่ปรากฏบนโลก อาทิ บ้านเลขที่ที่ระบุถึงตำแหน่งสถานที่ตั้งสิ่งก่อสร้างต่างๆ เส้นทางการคมนาคมที่ถูกกำหนดด้วยหมายเลขทางหลวงแผ่นดิน ขอบเขตการใช้ที่ดินที่สัมพันธ์กับเกษตรกรผู้เป็นเจ้าของ เป็นต้น ในประเทศไทยได้มีการประยุกต์ใช้ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทั้งภาครัฐและเอกชน มีการเชื่อมโยงร่วมกับข้อมูลดาวเทียมรายละเอียดสูงและเทคโนโลยีต่างๆ ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ด้วยข้อจำกัดของคำว่า “เทคโนโลยี” จำเป็นจะต้องมี “บุคลากร” ที่มีความพร้อมที่จะขับเคลื่อนเทคโนโลยีเพื่อการดำเนินงานให้มีประสิทธิภาพ หากแต่ในความเป็นจริงแล้วการบริหารเชิงพื้นที่ในระดับชุมชนก็มิได้มีความสอดคล้องมากเท่าที่ควร กล่าวคือ ยังมิได้มีการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในระดับชุมชนที่ขับเคลื่อนด้วยการมีส่วนร่วมจากชุมชนเองได้อย่างเป็นรูปธรรม เนื่องจากบุคลากรในชุมชนมิได้มีโอกาสเข้าถึงเทคโนโลยีมากนักการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการมีส่วนร่วมในชุมชนของหมู่บ้านเป๊าะ จังหวัดลำปาง และหมู่บ้านดงห้วยเย็น จังหวัดลำพูนเป็นบทความเพื่อนำเสนอการดำเนินงานเพื่อสร้างกระบวนการมีส่วนร่วมในชุมชนโดยใช้แนวคิดการวิเคราะห์ทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือให้ชุมชนได้เข้ามาสร้างเครื่องมือเพื่อใช้ในการบริหารจัดการท้องถิ่นได้ของตนเอง มีขั้นตอนและกระบวนการที่ไม่ซับซ้อน ผ่านความสามารถของ “บุคลากร” ในแต่ละส่วน ได้แก่ ส่วนนักวิจัยเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ส่วนนักศึกษา (รักบ้านเกิด) เป็นผู้เชื่อมโยงระหว่างสถาบันการศึกษาและชุมชน และส่วนชุมชนเป็นผู้เชี่ยวชาญเชิงพื้นที่และสภาพปัญหาต่างๆ ในชุมชน นำเข้าสู่กระบวนการแลกเปลี่ยนการเรียนรู้ผ่านกลไกการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมและแนวคิดรักบ้านเกิดโดยผลการดำเนินงานได้บูรณาการเอาส่วนประกอบทั้งสามเข้าด้วยกันจนก่อให้เกิด“เครื่องมือ” ที่สามารถนำมาใช้เพื่อการบริหารจัดการชุมชนได้อย่างเป็นรูปธรรม บทความเป็นการนำเอาผลสำเร็จจากการดำเนินงานวิจัยเรื่องจำนวน 3 ผลงาน ที่ได้มีการใช้องค์ความรู้ด้านเทคนิคการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นตัวขับเคลื่อนให้เกิดปรากฏการณ์การใช้เครื่องมือเพื่อบริหารชุมชนที่ ได้แก่ งานวิจัยเรื่องแบบจำลองภูมิประเทศเพื่องานอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านดงห้วยเย็น (พ.ศ. 2556) การจัดทำแผนที่ธาตุอาหารในดินด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แบบมีส่วนร่วมของชุมชนหมู่บ้านเป๊าะ ตำบลบ้านโป่ง อำเภองาว จังหวัดลำปาง (พ.ศ. 2557)และโมบายแอพพลิเคชั่นภูมิสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการบริหารงานข่าวสารชุมชน หมู่บ้านดงห้วยเย็น อำเภอบ้านโฮ่ง จังหวัดลำพูน (พ.ศ. 2558) เพื่อนำเสนอให้เป็นแนวทางให้แก่สถาบันการศึกษา หน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้องที่ในการดำเนินงานด้วยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการบริหารจัดการท้องถิ่นในพื้นที่ของตนเอง

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อประยุกต์ใช้เทคนิควิเคราะห์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการมีส่วนร่วมในชุมชน
2.2 เพื่อนำเสนอแนวทางการสร้างกระบวนการมีส่วนร่วมในชุมชน

3.วิธีการวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษา

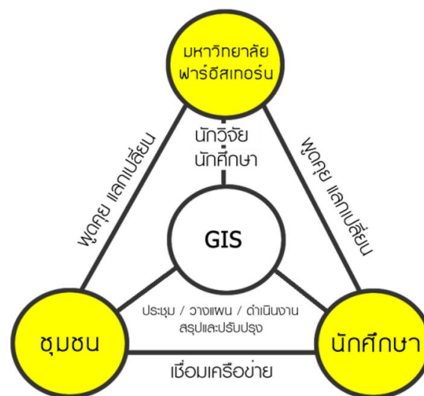
พื้นที่ศึกษาประกอบด้วย 2 หมู่บ้าน ได้แก่ หมู่บ้านดงห้วยเย็น ตำบลบ้านโฮ่ง อำเภอบ้านโฮ่ง จังหวัดลำพูนและหมู่บ้านเป๊าะ ตำบลบ้านโป่ง อำเภองาว จังหวัดลำปาง

3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

แผนที่ดาวเทียมรายละเอียดสูงจาก Google Earth ครอบคลุมหมู่บ้านเป๊าะและหมู่บ้านดงห้วยเย็นและฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้แก่ ขอบเขตอาคาร เส้นทางคมนาคม แม่น้ำ สถานที่สำคัญ

3.3เครื่องมือวิจัย

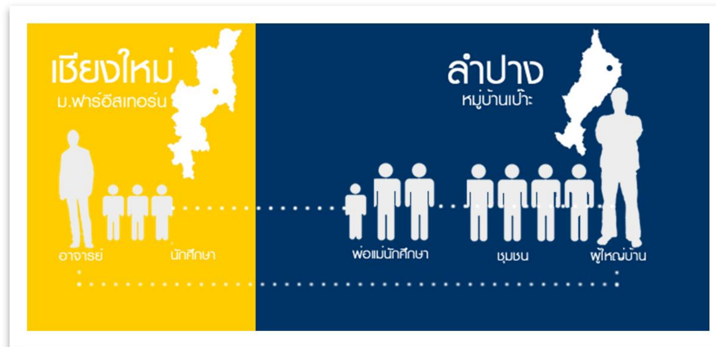
การศึกษาได้ใช้เครื่องมือวิจัยด้วยการปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research: PAR) และแนวคิดรักบ้านเกิด เพื่อสร้างกระบวนการทำงานร่วมกันระหว่างมหาวิทยาลัย นักศึกษาและชุมชน โดยได้เน้นการประยุกต์ใช้เทคนิควิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาเป็นเครื่องมือเพื่อให้ชุมชนได้สร้างเครื่องมือบริหารชุมชนของตนเอง ในพื้นที่หมู่บ้านดงห้วยเย็น อำเภอบ้านโฮ่ง จังหวัดลำพูน และหมู่บ้านเป๊าะ อำเภองาว จังหวัดลำปาง มีการสร้างกระบวนการมีส่วนร่วม 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1. การประชุมเพื่อศึกษาสภาพปัญหาและแนวทางการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้ในชุมชน 2. การสำรวจและจัดทำแผนที่ชุมชน 3. สรุปผลการดำเนินงาน4. การติดตามผลการดำเนินงาน ซึ่งรายละเอียดการดำเนินงานด้วยการนำเอาเทคนิคการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศมีรูปแบบที่แตกต่างกันตามบริบทความต้องการของคนในชุมชน ภายในแนวคิดวิธีการดำเนินงานดังนี้



รูปที่ 1แนวคิดวิธีการดำเนินงาน
ที่มา:ศราวุธพงษ์ลี้รัตน์

หน่วยงาน	บทบาทและหน้าที่
มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น	เป็นหน่วยงานที่มีนักวิจัยที่มีความเชี่ยวชาญด้านภูมิสารสนเทศ ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนองค์ความรู้ทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับชุมชน ได้แก่ การจัดเตรียมแผนที่ดาวเทียมรายละเอียดสูงเพื่อนำมาถ่ายทอดวิธีการแปลข้อมูลการการเชื่อมโยงข้อมูลชุมชนลงบนแผนที่ จากนั้นเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลแล้วนำผลที่ได้มาเชื่อมโยงสู่ชุมชนอีกครั้งหนึ่ง เพื่อหาแนวทางการบริหารจัดการชุมชมให้มีความเหมาะสม การดำเนินการบริหารโครงการวิจัย
นักศึกษา (บ้านเกิด)	ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างบุคลในครอบครัว เพื่อเข้าสู่ผู้ใหญ่บ้านและเพื่อนบ้านในการชักชวนลูกบ้านเข้าร่วมกิจกรรมในครั้งแรก จากนั้นอาจารย์จะเข้าร่วมกระบวนเพื่อกำหนดทิศทางการดำเนินงานร่วมกัน
ชุมชน	ชุมชนในฐานะเจ้าของข้อมูลเชิงพื้นที่ มีความเชี่ยวชาญต่อสภาพปัญหาและความต้องการในการแก้ไขปัญหาในพื้นที่ ทำหน้าที่ให้ข้อมูลในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการเชิงพื้นที่ และการให้ความร่วมมือในการแลกเปลี่ยนการเรียนรู้ร่วมกัน

จากข้อมูลดังกล่าว จะเห็นได้ว่า ในการดำเนินงานได้มีการเชื่อมโยง 3 ส่วนได้แก่ มหาวิทยาลัย นักศึกษา (บ้านเกิด) และชุมชน โดยทุกฝ่ายมีหน้าที่ที่ไม่ได้ขัดแย้งกับสภาพความเป็นจริงในสถานการณ์ปัจจุบัน กล่าวคือ ทุกฝ่ายได้ทำงานตามปกติที่เคยทำอยู่ทุกวัน ไม่ใช่ภาระงานเพิ่ม การดำเนินงานจึงเป็นไปด้วยความรู้สึกที่เป็นธรรมชาติแบบมิตรไมตรี ชุมชนพร้อมที่จะให้ความร่วมมือ ตลอดจนต่อยอดแนวคิดใหม่ๆมาประยุกต์ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ส่งผลให้การดำเนินงานบรรลุตามวัตถุประสงค์งานวิจัย



รูปที่ 2การเชื่อมโยงชุมชนด้วยแนวคิดรักบ้านเกิดหมู่บ้านเป๊าะ
ที่มา:ศราวุธพงษ์ลี้รัตน์

3.4 การประยุกต์ใช้เทคนิควิเคราะห์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการมีส่วนร่วมในชุมชนกรณีหมู่บ้านดงห้วยเย็น อำเภอบ้านโฮ่ง จังหวัดลำพูน

การดำเนินงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยเรื่อง แบบจำลองภูมิประเทศเพื่องานอาสาสมัครสาธารณสุข(อสม.)ประจำหมู่บ้านดงห้วยเย็น (พ.ศ. 2556) โดยเริ่มต้นจากประชุมร่วมกัน เน้นให้ชุมชนเป็นผู้เล่าเรื่องด้วยประเด็นคำถาม สภาพปัญหาและความต้องการของชุมชนที่เปิดกว้างและเป็นอิสระ จนเกิดประเด็นเพื่อนำมาแลกเปลี่ยนและอภิปรายร่วมกัน (วิรัตน์ คำศรีจันทร์,2554) นำเข้าสู่กระบวนการสร้างแผนการดำเนินงานให้มีความชัดเจน โดยประเด็นที่มีความเกี่ยวข้องกับเทคนิคการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ ความต้องการแผนที่เพื่อสนับสนุนการดำเนินงานของเจ้าหน้าที่ อสม.เพื่อการให้ข้อมูลด้านสุขภาพต่างๆ ในชุมชน ผลจากการแสดงความคิดเห็นชุมชน มีความสอดคล้องกับสิ่งที่นักศึกษาได้กำลังเรียนอยู่ในภาควิชาเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น ซึ่งเป็นองค์ความรู้หลักที่นำไปประยุกต์ใช้ในการวิจัยแบบมีส่วนร่วมได้

ทีมนักวิจัยจึงได้เริ่มกระบวนการการวิจัยแบบมีส่วนร่วมที่เชื่อมโยงเข้ากับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ด้วยการจัดทำแผนที่ดาวเทียมรายละเอียดสูง Google Earth พร้อมทั้งการสร้างฐานข้อมูลขอบเขตอาคาร สั่งพิมพ์บนกระดาษขนาด A0 เพื่อให้นักศึกษาและชุมชนได้ร่วมกันอ่านแผนที่ได้อย่างชัดเจน และสะดวกต่อการได้มาซึ่งข้อมูลบ้านเลขที่อาคาร การดำเนินงานพบว่าชาวบ้านได้เสนอให้มีการเพิ่มฟิลด์บันทึกข้อมูลคือ ชื่อเจ้าของบ้านและหมายเลโทรศัพท์ เพื่อเป็นการให้ข้อมูลในครั้งเดียวแบบเบ็ดเสร็จ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (ซึ่งในตอนแรกผู้วิจัยได้กำหนดแค่บ้านเลขที่เท่านั้น แล้วจะดำเนินงานเอาไปเชื่อมโยงข้อมูลอื่นในภายหลัง)กระบวนการนี้มีชุมชนในหมู่บ้านดงห้วยเย็นกว่า 30 คน ได้เข้ามามีส่วนร่วมในการให้ข้อมูล ส่งผลให้การดำเนินงานแล้วเสร็จภายใน 1 วัน ผลการดำเนินงานทำให้ได้แผนที่หมู่บ้านรายครัวเรือน ที่ประกอบด้วยฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ หมู่บ้านดงห้วยเย็น จำนวน 543 หลังคาเรือน ประกอบด้วยข้อมูลเลขที่บ้าน ที่สามารถเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลของชุมชน อาทิ ชื่อเจ้าของบ้าน ประเภทข้อมูลผู้ป่วย สถานภาพของผู้ป่วย ตลอดจนมีการนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเชิงพื้นที่ สามารถสรุปผลการใช้ประโยชน์จากผลงานวิจัยจากผู้ใหญ่บ้าน ผู้ช่วยผู้ใหญ่บ้าน ประธานอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน และกรรมการป่าชุมชน ดังนี้

1) ตำแหน่งเลขที่บ้านในแผนที่ ช่วยให้การวางแผนการทำงานด้านโรคระบาดของหมู่บ้านโดยอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน สามารถกำหนดเป้าหมายการทำงานที่ชัดเจนมากขึ้น

2) แผนที่ฐานเป็นข้อมูลกลางที่ทำให้เจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบในแต่ละพื้นที่ได้เห็นภาพรวมของขอบเขตงานที่รับผิดชอบ

3) แผนที่ฐานสามารถนำมาเชื่อมโยงกับข้อมูลประชากร เพื่อนำไปสร้างแผนพัฒนาหมู่บ้าน แผนป้องกันไข้เลือดออก แผนป้องกันผู้ป่วยในหมู่บ้าน







รูปที่ 3การเชื่อมโยงชุมชนด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ที่มา:ศราวุธพงษ์ลี้รัตน์

ผลสัมฤทธิ์ของงานวิจัยนี้ คือ หมู่บ้านดงห้วยเย็นมีฐานข้อมูลชุมชนระดับหลังคาเรือน มาตราส่วน 1 : 2,000 มีการนำเอาแผนที่ไปใช้ในการบริหารจัดการท้องถิ่นผ่านโปรแกรม ARCGIS Publisher อาทิ การวางแผนการจัดทำแผนกันไฟ การวางตำแหน่งฝายชะลอน้ำ ระบบสาธารณสุขชุมชนที่มีการเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ที่สามารถสั่งพิมพ์เป็นแผนที่เพื่อการจัดการในพื้นที่ได้ ตลอดจนการนำเอาองค์ความรู้ไปสู่กับพัฒนาแอพพลิเคชั่นเสียงตามสาย เพื่อการแจ้งข่าวสารต่างๆ ในชุมชน (รายละเอียดสามารถสืบค้นคำว่า “เสียงตามสายแอพพลิเคชั่น” ใน www.google.com) ภายใต้งานวิจัย เรื่องโมบายแอพพลิเคชั่นภูมิสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการบริหารงานข่าวสารชุมชน หมู่บ้านดงห้วยเย็น อำเภอบ้านโฮ่ง จังหวัดลำพูน (พ.ศ. 2558)ทั้งนี้ผลสัมฤทธิ์ทั้งหมดมีจุดเริ่มต้นที่เกี่ยวข้องมาจากแนวคิดการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในชุมชนนั่นเอง

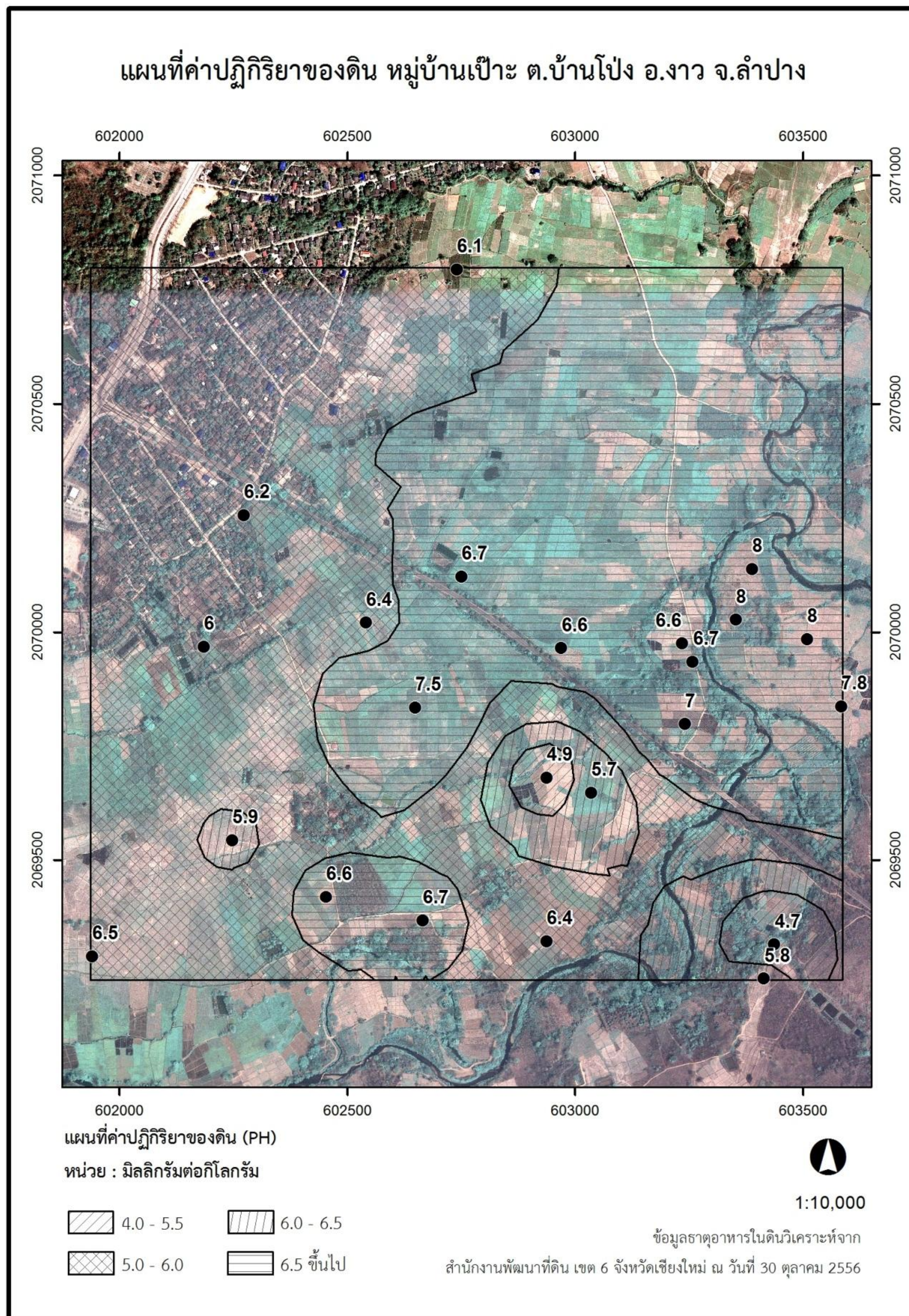
3.5 การประยุกต์ใช้เทคนิควิเคราะห์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการมีส่วนร่วมในชุมชนกรณีหมู่บ้านเป๊ะ อำเภองาว จังหวัดลำปาง

การดำเนินงานเป็นส่วนหนึ่งในการดำเนินงานวิจัยเรื่อง การจัดทำแผนที่ธาตุอาหารในดินด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แบบมีส่วนร่วมของชุมชนหมู่บ้านเป๊าะ ตำบลบ้านโป่ง อำเภองาว จังหวัดลำปาง (พ.ศ. 2557) มีขั้นตอนการดำเนินงานเช่นเดียวกับหมู่บ้านดงห้วยเย็น จังหวัดลำพูน ปัญหาหลักของชุมชน ได้แก่ การบริหารจัดการน้ำ เนื่องสภาพภูมิประเทศของหมู่บ้านอยู่สูงกว่าแม่น้ำจำเป็นต้องมีการติดตั้งเครื่องปั้มน้ำขนาดใหญ่ แม้จะเกี่ยวกับการแก้ไขข้อมูลเชิงพื้นที่ แต่ทางทีมวิจัยไม่สามารถเข้าช่วยแก้ไขปัญหาได้ เนื่องจากจะต้องมีการจัดซื้ออุปกรณ์ปั้มน้ำที่มีค่าใช้จ่ายที่สูงอย่างไรก็ตามได้มีประเด็นที่มีความเกี่ยวข้องกับเทคนิคการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ การสำรวจเพื่อจัดทำแผนที่ข้อมูลธาตุอาหารในดินหมู่บ้านเพื่อใช้ในการดำเนินงานเกษตรของชุมชน

การดำเนินงานในครั้งนี้ จึงมุ่งเน้นเพื่อการจัดทำแผนที่ธาตุอาหารในดินอย่างมีส่วนร่วมเพื่อบริหารจัดการปุ๋ยในชุมชน เริ่มต้นจากทีมนักวิจัยจัดทำแผนที่ชุมชนจากข้อมูลดาวเทียมรายละเอียดสูง Google Earth แล้วนำมาสร้างขอบเขตหมู่บ้าน จากนั้นกำหนดแบ่งโซนพื้นที่ตัวอย่างในการเก็บตัวอย่างดินให้มีการกระจายตัวของข้อมูล แล้วนัดหมายชาวบ้านผ่านกลไกจากแนวคิดรักบ้านเกิดโดยนักศึกษาในชุมชนเชื่อมโยงผู้นำชุมชน และครอบครัวในการชักชวนเพื่อนบ้านให้เข้ามามีส่วนร่วม แล้วทางทีมวิจัยจึงเข้าไปลงพื้นที่เพื่อลงมือปฏิบัติงาน วิธีการดำเนินงานที่ใช้ได้แก่การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม ผลการดำเนินงานได้มีชาวบ้านนำดินครอบคลุมพื้นที่ศึกษาไว้จำนวน รวมทั้งสิ้น 24 ตัวอย่าง (ในการดำเนินงานจริงได้มีการเก็บตัวอย่างจำนวน 23 ตัวอย่าง โดยมีข้อมูล 1 ตัวอย่างที่ภายหลังพบว่าไม่สามารถเชื่อมโยงกับข้อมูลเชิงพื้นที่ได้)จากนั้นนำผลการวิเคราะห์ไปตรวจคุณสมบัติดิน ณ สำนักงานพัฒนาที่ดิน จังหวัดเชียงใหม่ แล้วนำมาวิเคราะห์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ วิธีInverse Distance Weight : IDW ซึ่งเป็นการประมาณค่าโดยทำการสุ่มจุดตัวอย่างโดยรอบของแต่ละจุดจากตำแหน่งที่สามารถส่งผลกระทบไปยังตำแหน่งที่ไม่ทราบค่า เหมาะกับตัวแปรที่อ้างอิงกับระยะทางในการคำนวณ ยิ่งใกล้ตำแหน่งที่ทราบค่าก็จะมีค่าความถูกต้องที่สัมพันธ์กัน มีความสอดคล้องกับลักษณะข้อมูลที่ได้มา แล้วนำแผนที่ที่ได้เข้าไปในชุมชนเพื่อชี้แจงและแปลแผนที่ธาตุอาหารในดินร่วมกับชุมชน เพื่อให้ข้อมูลที่อาจเป็นประโยชน์ต่อการบริหารปุ๋ยในชุมชนได้

ผลการศึกษาได้แผนที่ธาตุอาหารในดิน มาตราส่วน 1:10,000 จำนวน 4 แผ่น ได้แก่ แผนที่อินทรียวัตถุในดิน แผนที่ธาตุอาหารฟอสฟอรัส แผนที่ธาตุอาหารโพแทสเซียม และแผนที่ปฏิกิริยาของดิน อ้างอิงระบบ WGS84 แสดงผลในรูปแบบพิกัดฉากแบบ UTM Zone 47N โดยแผนที่ธาตุอาหารในดินได้คำนวณจากกลุ่มตัวอย่างดินจำนวน 23 ตัวอย่างจากสำนักงานพัฒนาที่ดิน เขต 6 จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ธาตุอาหารในดินหมู่บ้านเป๊าะ มีค่าอินทรีย์วัตถุเฉลี่ยร้อยละ 2.02 อยู่ในระดับปานกลาง ค่าฟอสฟอรัสเฉลี่ยร้อยละ 19.43 อยู่ในระดับปานกลาง ค่าโพแทสเซียมเฉลี่ยร้อยละ 28.70 อยู่ในระดับต่ำ ค่าปฏิกิริยาของดินเฉลี่ยร้อยละ 6.85 อยู่ในระดับกลาง และมีความจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยอินทรีย์เฉลี่ยร้อยละ 2.27 กิโลกรัมต่อไร่

หลังจากที่ได้มีการส่งมอบแผนที่ธาตุอาหารในดินประจำหมู่บ้าน ผู้วิจัยได้เข้าไปติดตามผลการดำเนินงาน ในช่วงต้นปี 2558 (ดำเนินงานภายหลังที่ได้ส่งมอบผลตรวจดินเป็นระยะเวลา 8 เดือน) โดยการสัมภาษณ์เกษตรกรที่ได้มีการนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการเกษตรในหมู่บ้าน พบว่า ในหลังจากที่มีการประชุมเพื่อนำผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดินรายแปลงสู่ชุมชน ในระยะเวลาประมาณ 2 เดือน ได้มีเกษตรจำนวน 7 ราย ได้นำเอาผลการวิเคราะห์ไปใช้ในที่ดินของตน โดยการปรับการใช้ปุ๋ยลดลง โดยผลผลิตที่ได้ดีขึ้นส่งผลให้ต้นทุนลดลง จากการสัมภาษณ์ นางเรือนแก้ว นิ่มนวล ประธานกลุ่มปุ๋ยประจำหมู่บ้านพบว่า ในพ.ศ. 2557 มีการสั่งปุ๋ย จำนวน 10 ตัน (200 กระสอบ) ในขณะที่ พ.ศ. 2556 มีการสั่งปุ๋ย จำนวน 11,250 ตัน (225 กระสอบ) สะท้อนให้เห็นว่าชุมชนได้มีการปรับลดปริมาณการใช้ปุ๋ยที่สอดคล้องกับความต้องการของพืช ลดลงไป 25 กระสอบ (กระสอบละ 1,000 บาทโดยประมาณ) ส่งผลให้สามารถลดลงต้นทุนค่าปุ๋ยราว 25,000 บาท สะท้อนให้เห็นว่าหากแผนที่ธาตุอาหารในดินด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หากเลือกวิธีกาวิเคราะห์ให้เหมาะสมก็สามารถสร้างเครื่องมือในการบริหารชุมชนได้



รูปที่ 4แผนที่ค่าปฏิกิริยาของดินหมู่บ้านเป๊าะ อำเภองาว จังหวัดลำปาง

ที่มา:ศราวุธพงษ์ลี้รัตน์จากการข้อมูลวิเคราะห์รายงานผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน กรมพัฒนาที่ดิน จ.เชียงใหม่

ตาราง 1 รายงานผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน หมู่บ้านเป๊าะ

ลำดับ	ชื่อ – สกุล	รูปแบบการนำเอาผลการดำเนินงานวิจัยไปใช้ประโยชน์
1	นางทองใบ ต๊ะอินทร์	ได้มีการทดลองปรับการใช้ปุ๋ยโดยใช้สูตรตามที่ได้มีการแนะนำ ลดต้นทุนได้ประมาณ 500 บาท ผลผลิตที่ได้ดีขึ้น ข้าวโพดได้ผลิตดีขึ้น มีความรู้สึกว่าต้นข้าวเขียวดี
2	นายสุรศักดิ์ ตันศิริ	ได้นำมาปรับปรุงการใส่ปุ๋ยพืชไร่ พืชสวน นา โดยได้ดำเนินงานปรับลดการใช้ปุ๋ยน้อยลงให้เหมาะสมต่อความต้องการของ ผลที่ได้พบว่า ได้ผลผลิตที่ดีขึ้นช่วยลดต้นทุนไปได้มาก
3	นางเรือนแก้ว นิ่มนวล	จากการสำรวจพบว่าดินเป็นกรด จึงได้ใช้ปุ๋ยตามที่ได้มีการแนะนำ จาก 3 กระสอบ (1,500 บาท) ลดลงเหลือ 1.5 กระสอบ ทำให้ลดรายจ่ายได้มาก ดินดีขึ้น ผลผลิตที่ได้ดีขึ้น
4	นางนันทนา เสือใจ	ได้ใช้ปุ๋ยน้อยลง ต้นทุนลดลง ได้พืชผลดี
5	ไม่ระบุ	ตั้งแต่ที่ได้มีการตรวจดิน พบว่า การปลูกข้าวดีขึ้น ลดปุ๋ยและลดต้นทุน ในปีนี้สร้างรายได้เยอะ
6	ไม่ระบุ	ได้นำปูนขาวมาใส่เพื่อปรับปรุงดินเล็กน้อย แต่ก็ยังคงใช้ปุ๋ยเป็นปริมาณมากเพื่อให้ได้ผลผลิตมาก
7	นายนวย กาถม (ผู้ใหญ่บ้าน)	ชาวบ้านได้มีการนำเอาผลการตรวจดินไปปรับปรุงดิน ทำให้ได้ผลผลิตเป็นที่น่าพอใจ

ที่มา สัมภาษณ์เกษตรกร ณ หมู่บ้านเป๊าะ วันที่ 13 สิงหาคม 2557 และ วันที่ 7 ธันวาคม 2557

4. ผลการวิจัย

4.1 ประยุกต์ใช้เทคนิควิเคราะห์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการมีส่วนร่วมในชุมชน

ผลการดำเนินงานพบว่ากระบวนการวิเคราะห์ทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มีบทบาทสำคัญในการสร้างกระบวนการมีส่วนร่วมในชุมชน ทำหน้าที่เป็นเครื่องมือที่ก่อให้เกิดกระบวนการมีส่วนร่วม เมื่อพิจารณาด้านเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ใช้นั้น อาจจะไม่จำเป็นต้องใช้องค์ความรู้ที่ลึกซึ้งก็สามารถสร้างเครื่องมือในการบริหารจัดการท้องถิ่นได้ ที่สำคัญจะต้องมีการวางระบบการทำงานเป็นขั้นตอน ตามบทบาทและหน้าที่ให้เหมาะสม กล่าวคือ การเตรียมข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นหน้าที่ที่อาจารย์และนักศึกษา หรือผู้ที่มีความเชี่ยวชาญด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การให้ข้อมูลจะต้องมาจากชุมชน กรณีหมู่บ้านดงห้วยเย็นชาวบ้านจะทำหน้าที่เป็นผู้ให้ข้อมูลเลขที่บ้าน ชื่อเจ้าของบ้าน และเบอร์โทรศัพท์ ในขณะหมู่บ้านเป๊าะ ชาวบ้านทำหน้าที่นำดินในหมู่บ้านของตัวเองพร้อมระบุตำแหน่งของจุดสำรวจลงบนแผนที่ เพื่อนำไปวิเคราะห์การกระจายตัวของธาตุอาหารในดิน จากนั้นกลับเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์โดยผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำเอาผลการดำเนินงานเข้าสู่กระบวนการเรียนรู้อีกทางหนึ่ง เพื่อให้บรรลุตามความต้องการของคนในชุมชน มีการติดตามผลการดำเนินงานภายหลังที่ได้ดำเนินงานไปแล้ว เพื่อสร้างกระบวนการเรียนรู้และแนวทางในการต่อยอดสิ่งที่อยู่เดิมขึ้นไปตามความเหมาะสม

กรณีศึกษาการดำเนินงานในหมู่บ้านดงห้วยเย็น จ.ลำพูน การดำเนินงานด้านการวิเคราะห์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ใช้เทคนิคการเชื่อมโยงข้อมูล (Join Data) เท่านั้น ผลการดำเนินงานทำให้ชาวบ้านที่นี่มีข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่พร้อมใช้ในการดำเนินงานผ่านโปรแกรม ARCGIS Publisherได้แก่ การจัดพิมพ์แผนที่ในหลายระดับมาตราส่วน การเลือกแสดงรายละเอียดของข้อมูลเพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้งาน การนำมาประยุกต์ใช้ให้สอดคล้องกับการดำเนินงานด้านอาสาสมัครสาธารณสุข และในปัจจุบันได้มีการต่อยอดผลการดำเนินงานด้วยการมีส่วนร่วมการพัฒนาแอพพลิเคชั่นให้สามารถ

เชื่อมโยงกับฐานข้อมูล Google Map เพื่อสร้างตำแหน่งสำหรับการแจ้งข้อมูลข่าวสารในชุมชนที่สามารถแสดงผลได้ 4 รูปแบบได้แก่ แบบแจ้งข่าวในรูปแบบเอกสาร รูปภาพ เสียง และวีดิโอ ในระบบแอนดรอยด์ผ่านโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟน การเชื่อมโยงเข้ากับฐานข้อมูลในระบบออนไลน์



รูปที่ 5กระบวนการมีส่วนร่วมในชุมชนที่เชื่อมโยงกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หมู่บ้านดงห้วยเย็น

กรณีศึกษาการดำเนินงานในหมู่บ้านดงห้วยเย็น จ.ลำพูนเป็นการดำเนินงานที่ได้จากการมีส่วนร่วมในชุมชนนำดินตัวอย่างครอบคลุมพื้นที่ศึกษาพร้อมทั้งระบุตำแหน่งร่วมกันบนแผนที่กระดาษ จากนั้นทีมนักวิจัยได้นำเอาผลจากการตรวจสอบคุณภาพดินที่ได้จากสำนักงานพัฒนาที่ดิน จ.เชียงใหม่ นำผลที่เข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การกระจายข้อมูลแบบ IDW ผลการดำเนินงานได้แผนที่อินทรียวัตถุในดิน แผนที่ธาตุอาหารฟอสฟอรัส แผนที่ธาตุอาหารโพแทสเซียม และแผนที่ปฏิกิริยาของดิน นำผลที่ได้ไปแลกเปลี่ยนความรู้ร่วมกับชุมชนอีกครั้งเพื่อชี้แจงและนำเสนอแนวทางการแก้ไขการบริหารจัดการปุ๋ยในชุมชน ในเวลาต่อมาก็ได้มีการเข้าไปในพื้นที่เพื่อสอบถามชาวบ้านเพื่อการติดตามผลการดำเนินงานภายหลังที่เสร็จสิ้นงานวิจัย ข้อมูลจากประธานชมรมปุ๋ยประจำหมู่บ้าน ได้ให้ข้อมูลว่าชุมชนได้มีการปรับลดปริมาณการใช้ปุ๋ยที่สอดคล้องกับความต้องการของพืช ลดลงไป 25 กระสอบ (กระสอบละ 1,000 บาทโดยประมาณ) ส่งผลให้สามารถลดลงต้นทุนค่าปุ๋ยราว 25,000 บาท สะท้อนให้เห็นว่าหากแผนที่ธาตุอาหารในดินด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หากได้มีการนำมาใช้ร่วมกับชุมชนในพื้นที่ ย่อมส่งผลให้การจัดการบริหารข้อมูลในระดับชุมชนมีประสิทธิภาพมากขึ้นอย่างเป็นรูปธรรม



รูปที่ 6กระบวนการมีส่วนร่วมในชุมชนที่เชื่อมโยงกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หมู่บ้านเป๊าะ

4.2 แนวทางการสร้างกระบวนการมีส่วนร่วมในชุมชน

แนวทางการสร้างการกระบวนการมีส่วนร่วมในชุมชนจะต้องมีการกำหนดกรอบการดำเนินงานให้ทุกฝ่ายดำเนินงานตามบทบาทและหน้าที่ของตนเองถามความเชี่ยวชาญของต้น แล้วใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือในสร้างกระบวนการมีส่วนร่วม การดำเนินงานที่ได้ดำเนินงานได้แบ่งบทบาทออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ ส่วนนักวิจัย ส่วนนักศึกษา (บ้านเกิด) และส่วนชุมชนทั้งสามส่วนมีการสัมพันธ์ซึ่งกัน บทบาทในแต่ละส่วนเป็นกำลังสำคัญในการดำเนินงานให้บรรลุไปตามวัตถุประสงค์ กล่าวคือ **ส่วนนักวิจัย** เป็น ทำหน้าที่เป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ที่พร้อมจะนำเอาเทคโนโลยีไปเชื่อมโยงกับความต้องการบริหารจัดการเชิงพื้นที่ในชุมชน ผ่าน**ส่วนนักศึกษา** ที่ทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมโยงไปสู่ชุมชน ผู้นำชุมชน และสมาชิกต่างๆ ในชุมชน ให้เข้ามามีส่วนร่วม มีความเอ็นดูทีมวิจัยผ่านนักศึกษาที่เป็นลูกหลานในชุมชนอันจะก่อให้เกิดความร่วมมือด้วยความเต็มใจ นอกจากนี้นักศึกษายังได้รับประสบการณ์ที่ดีทั้งจากส่วนของนักวิจัยและส่วนชุมชนก่อให้เกิดกระบวนการเรียนรู้โดยทันที **ส่วนชุมชน** ก็จะทำหน้าที่เป็นผู้เชี่ยวชาญในพื้นที่ของตน สามารถระบุสภาพปัญหา ขั้นตอนและแนวทางการแก้ปัญหา อันจะนำไปสู่การพัฒนาเอาเทคนิคการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาเป็นเครื่องมือใช้เป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการท้องถิ่นของตนตามบริบทได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นเมื่อทุกส่วนทำงานตามบทบาทหน้าที่ของตน ก็จะไม่ความรู้สึกถึงภาระงานที่เพิ่มขึ้น มีกำลังใจในการทำงาน มีทิศทางและเป้าหมายเดียวกันนำไปสู่การบรรลุวัตถุประสงค์ในที่สุด อีกทั้งก่อให้เกิดความเข้มแข็งในชุมชนด้วยอีกทางหนึ่ง

5. วิจารณ์ผลและสรุปผล

การประยุกต์ใช้เทคนิควิเคราะห์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการมีส่วนร่วมในชุมชนของหมู่บ้านดงห้วยเย็น จังหวัดลำพูนและหมู่บ้านเป๊าะ จังหวัดลำปางเป็นการดำเนินงานที่เอาประเด็นด้านการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ได้จากงานวิจัย ได้แก่ งานวิจัยเรื่องแบบจำลองภูมิประเทศเพื่องานอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านดงห้วยเย็น (พ.ศ. 2556) การจัดทำแผนที่ธาตุอาหารในดินด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แบบมีส่วนร่วมของชุมชนหมู่บ้านเป๊าะ ตำบลบ้านโป่ง อำเภองาว จังหวัดลำปาง (พ.ศ. 2557) และโมบายแอพพลิเคชั่นภูมิสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการบริหารงานข่าวสารชุมชนหมู่บ้านดงห้วยเย็น อำเภอบ้านโฮ่ง จังหวัดลำพูน (พ.ศ. 2558) โดยมีรูปแบบวิธีวิจัยด้วยการเชื่อมโยงแนวคิดการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมร่วมกับแนวคิดรักบ้านเกิดและกระบวนการทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มาสร้างเครื่องมือในการบริหารจัดการท้องถิ่นได้ด้วยตนเอง การดำเนินงานได้ใช้เทคนิคการวิเคราะห์อย่างง่าย ได้แก่ การเชื่อมโยงฐานข้อมูล การวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูล นำไปสู่การพัฒนาเป็นเครื่องมือที่สำคัญบริหารงานในชุมชน อาทิ ระบบการจัดทำแผนที่ชุมชนเพื่อการบริหารงานท้องถิ่น แนวทางการจัดทำแอนดรอยด์แอพพลิเคชั่นเสียงตามสายในชุมชน การนำผลการวิเคราะห์การกระจายตัวของธาตุอาหารในดินบนแผนที่สู่การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ปุ๋ย ผลการดำเนินงานสะท้อนให้เห็นว่า ในข้อเท็จจริง ชุมชนสามารถนำเอาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ไปใช้ได้ด้วยตนเอง หากแต่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจำเป็นที่จะต้องใช้กระบวนการมีส่วนร่วมเพื่อสังเคราะห์สภาพปัญหา แล้วมอบเครื่องมือที่สอดคล้องกับความต้องการของชุมชน สิ่งที่สำคัญที่สุดของกระบวนการนี้ ไม่ใช่เทคโนโลยีทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หากแต่เป็นการพัฒนา “บุคลากร” ว่าจะสามารถนำเอาเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างไร เมื่อพิจารณาจากแนวทางการสร้างการกระบวนการมีส่วนร่วมในชุมชนที่แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนนักวิจัย ส่วนนักศึกษา และส่วนชุมชน การแบ่งออกเช่นนี้เป็นเพราะว่า บุคลากรทุกฝ่ายก็มีความเชี่ยวชาญที่แตกต่างกัน สิ่งที่น่าสนใจก็คือ **ส่วนชุมชน** หากสร้างบุคลกรในชุมชนให้มีความรู้ความเข้าใจที่จะนำเอาเทคโนโลยีไปใช้ในชุมชนได้ด้วยตนเอง ย่อมจะทำให้การดำเนินงานเชิงพื้นที่ในชุมชนที่ความคล่องตัวมากขึ้น เมื่อมองในประเด็นการนำเอาเทคนิคการวิเคราะห์ด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้ก็จะพบว่า ผลการดำเนินงานใช้เทคนิคการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ไม่ซับซ้อน หากบุคคลในชุมชนได้รับการสนับสนุนการสถาบันการศึกษา หน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้อง ในการเข้าถึงเทคโนโลยีและองค์ความรู้ทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ย่อมจะส่งผลดีต่อการบริหารงานภายในชุมชนของตนให้เกิดความมีประสิทธิภาพ และส่งผลดีต่อการพัฒนาประเทศได้

6. ข้อเสนอแนะ

การสร้างการกระบวนการมีส่วนร่วมในชุมชนที่แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนนักวิจัย ส่วนนักศึกษา และส่วนชุมชน สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับรูปแบบการมีส่วนร่วมในชุมชนตามบริบทของตนเอง อนึ่ง ผู้วิจัยได้ทำศึกษาและสรุปผลการดำเนินงานที่ขับเคลื่อนการทำงานในรูปแบบ 3 ส่วนดังกล่าวใบบริบทที่แตกต่างกันไว้ที่เว็บไซต์ภาควิชาเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์นด้วยคำค้น “ภูมิฯ ม.ฟาร์ฯ” บนเว็บไซต์ Google เพื่อให้คณาจารย์และนักศึกษาที่สนใจได้เข้ามาแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ทางภูมิสารสนเทศร่วมกัน ซึ่งอาจสามารถนำไปปรับใช้ตามบริบทในชุมชนของตนได้

เอกสารอ้างอิง

ทองใบ ต๊ะอินทร์, เกษตรกร. (2557). สัมภาษณ์.

นันทนา เสือใจ, เกษตรกร. (2557). สัมภาษณ์.

นวย กาถม, ผู้ใหญ่บ้านหมู่บ้านเป๊าะ. (2557). สัมภาษณ์.

เรือนแก้ว นิ่มนวล, ประธานกองทุนปุ๋ยหมู่บ้าน. (2557). สัมภาษณ์.

วิรัตน์ คำศรีจันทร์.(2554). **พลังความรู้จากการวิจัยแบบ PAR.** กรุงเทพฯ : สำนักงานวิจัยและพัฒนาระบบสุขภาพชุมชน (สพช.) สถาบันพัฒนาสุขภาพอาเซียน มหาวิทยาลัยมหิดล.

ศราวุธพงษ์ลี้รัตน์. (2556). **แบบจำลองภูมิประเทศเพื่องานอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านดงห้วยเย็น.** ภาควิชาเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น.

ศราวุธพงษ์ลี้รัตน์. (2556). **แบบจำลองภูมิประเทศเพื่ออาสาสมัครสาธารณสุข : หมู่บ้านดงห้วยเย็น อ.บ้านโฮ่ง จ.ลำพูน.**Video posted tohttp://youtu.be/grJgz69QrQ4 (2013,December 10).

ศราวุธพงษ์ลี้รัตน์. (2556).**ปฐมบท เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อเกษตรชุมชน.**Video posted tohttps://youtu.be/dbpepTcc1Ms(2015, November29).

ศราวุธพงษ์ลี้รัตน์. (2557). **การจัดทำแผนที่ธาตุอาหารในดินด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แบบมีส่วนร่วมของชุมชน หมู่บ้านเป๊าะ ตำบลบ้านโป่ง อำเภองาว จังหวัดลำปาง.** ภาควิชาเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น.

ศราวุธพงษ์ลี้รัตน์. (2558).**การนำเสนอความก้าวหน้างานวิจัยโมบายแอพพลิเคชั่นภูมิสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการบริหารงานข่าวสารชุมชน หมู่บ้านดงห้วยเย็น อำเภอบ้านโฮ่ง จังหวัดลำพูน .**Video posted tohttps://youtu.be/AOmC_BEVwRQ(2013, July 22).

สุรศักดิ์ ตันศิริ, เกษตรกร. (2557). สัมภาษณ์.

สำนักงานพัฒนาที่ดิน เขต 6 จังหวัดเชียงใหม่.(2557).**รายงานผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน**. เชียงใหม่ : สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 จังหวัดเชียงใหม่ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (2552). **ตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศศาสตร์ (การประมาณค่าแบบ IDW)**. กรุงเทพ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

การพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อสนับสนุนการดูแลผู้ป่วยโรคจิตเภท ในชุมชน เขตบริการสุขภาพที่ 7

The Development of Spatial database to Support Community Health Care for the Schizophrenia in the Region Health Board 7

พิมปภัสสร แสงบัณฑิต[1] สิวลี เปาโรหิตย์[1] พรดุสิต คำมีสีนนท์[1]
ศิริวรรณ ฤกษ์ธนขจร[1] และ ศิโรรัตน์ มงคลสวัสดิ์[2]
Pimpapusson Saengbundit[1] Sivalee Paorohitya[1] Porndusit Kummeesrinon[1]
Siriwan Rerkthanakhajon[1] and Sirorat Mongkolsawat[2]
โรงพยาบาลจิตเวชขอนแก่นราชนครินทร์[1]
โรงพยาบาลจิตเวชขอนแก่นราชนครินทร์ 169 ถ.ชาตะผดุง ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น
ศูนย์ภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ[2]
123 อาคารสำนักเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น
โทรศัพท์ 095-6590268 โทรสาร 043-224722 e-mail: pimpapus1960@outlook.com[1]

บทคัดย่อ

โรคจิตเภทเป็นโรคเรื้อรังทางจิตเวช ในการดูแลรักษาจะต้องมีการดูแลที่เหมาะสมอย่างต่อเนื่องเพื่อป้องกันอาการกำเริบซ้ำซาก โรงพยาบาลจิตเวชขอนแก่นราชนครินทร์เป็นศูนย์กลางในการดูแลผู้ป่วยจิตเวชในเครือข่ายเขตบริการสุขภาพที่ 7 (ร้อยเอ็ด ขอนแก่น มหาสารคามและกาฬสินธุ์) ในการบริหารจัดการดูแลผู้มีปัญหาทางด้านสุขภาพจิตยังไม่มีการจัดทำฐานข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อสนับสนุนระบบการดูแลผู้ป่วยในชุมชนในเขตพื้นที่รับผิดชอบ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อสนับสนุนเครือข่ายสุขภาพจิตในการดูแลผู้ป่วยโรคจิตเภทในระดับชุมชน 2) เพื่ออธิบายข้อมูลเชิงสถิติผู้ป่วยโรคจิตเภทและทรัพยากรทางสุขภาพในเชิงพื้นที่ ในกระบวนการศึกษามีการนำเข้าและสร้างชั้นข้อมูลสถิติผู้ป่วยโรคจิตเภทที่มารับบริการที่ร.พ.จิตเวชขอนแก่นราชนครินทร์ ระหว่าง ปี พ.ศ.2556-2558 ทั้งประเภทผู้ป่วยนอกและผู้ป่วยใน ข้อมูลทรัพยากรด้านสุขภาพได้แก่ตำแหน่งและจำนวนโรงพยาบาลในเครือข่ายที่มียารักษาโรคจิตเภท คลินิกที่เปิดให้บริการ แพทย์และพยาบาลที่ผ่านการอบรมเฉพาะทางที่สามารถรักษาและดูแลผู้ป่วยจิตเภทได้ โดยนำมาเชื่อมต่อกับข้อมูลเชิงพื้นที่โดยใช้โปรแกรมจัดการฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อให้ได้ชั้นข้อมูลและแสดงแผนที่ผลลัพธ์ จากการศึกษาจะทำให้ได้มาซึ่งฐานข้อมูลเชิงพื้นที่สำหรับการดูแลผู้ป่วยโรคจิตเภท และแสดงแผนที่ผลลัพธ์ที่สามารถมองเห็นการกระจายของผู้ป่วยโรคจิตเภทในพื้นที่ศึกษา มองเห็นตำแหน่งที่พบผู้ป่วยกำเริบซ้ำซาก ศักยภาพในพื้นที่ทางด้านเวชภัณฑ์ คลินิกที่เปิดให้บริการ บุคลากรที่มีความรู้เฉพาะทางจิตเวช ช่วยให้มองเห็นภาพของสมรรถนะการดูแลในพื้นที่ศึกษาได้อย่างชัดเจน ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจ วางแผนดำเนินงานและบริหารจัดการในพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการศึกษาเชิงวิเคราะห์ในพื้นที่ขั้นต่อไป การศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัดคือศึกษาเฉพาะข้อมูลจากระเบียนผู้ป่วยที่มารับบริการในโรงพยาบาลจิตเวชขอนแก่นเท่านั้น ในการศึกษาขั้นต่อไปควรมีการศึกษาเชิงวิเคราะห์เพื่อหาแบบจำลองเชิงพื้นที่เพื่อป้องกันการกำเริบซ้ำซากของผู้ป่วยจิตเภท

คำสำคัญ :ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โรคจิตเภท ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่

ABSTRACT

Schizophrenia is a chronic psychiatric illness which needs to be monitored continuously and properly to prevent relapsing symptoms. KhonKaenRachanakarindra Hospital is the center of psychiatric treatments in the region health board 7. Currently, the center has not incorporated a geospatial database in its patient management system. The

aims of this study are 1) To create a geospatial database for supporting the psychiatric networks to manage schizophrenia patients in their community. 2) To analyze spatial statistics of schizophrenia patients and mental health resources. The study area are the four provinces under the jurisdiction of region health board 7 which are located at the middle part of northeast Thailand, comprise Roi-et, KhonKaen, Mahasarakam and Kalasin. The statistical data between 2013-2015 were collected from the medical database of the KhonKaen psychiatric hospital to created spatial data. Locations of hospitals in the network and administrative boundaries data were obtained from Regional Centre for Geo-Informatics and Space Technology, Northeast Thailand. ARCGIS software was used for combining and analyzing attribute data and spatial data to create data layers. The results of the study are spatial data for supporting schizophrenia patient management, including a map of the spread of schizophrenia, locations of relapsing episodes found in patients, readiness of medications, professionals, locations of clinics and hospitals in the area. Further study should be focused on building a spatial model to prevent relapsing schizophrenic episodes.

KEY WORDS :Schizophrenia, Spatial database, Psychiatric network, GIS

1. บทนำ

โรคจิตเภทเป็นโรคทางจิตเวชที่พบได้มากอันดับหนึ่ง ส่วนใหญ่เกือบร้อยละ 90 ของผู้ป่วยที่อยู่ในประเทศกำลังพัฒนาไม่สามารถเข้าถึงการบำบัดรักษา ซึ่งมีผลต่อการทำงานของสมองและการหายขาดของโรค จากรายงานจากสถาบันจิตเวชศาสตร์สมเด็จเจ้าพระยา(2558) สรุปว่าในการสำรวจประชากรทั่วโลกพบโรคจิตเภทประมาณร้อยละ 1 แม้ว่าความชุกของโรคจะค่อนข้างต่ำแต่การเจ็บป่วยเรื้อรังส่งผลให้เกิดภาวะทุพพลภาพในระยะยาว และมักพบในวัยทำงานมากสุดทั้งเพศชายและหญิง จิตเภทเป็นโรคที่รักษาได้ เช่นเดียวกับโรคเรื้อรังอื่นๆ ยิ่งเข้ารับการรักษาแต่เนิ่นๆ ก็ยิ่งมีโอกาสหายขาดและป้องกันการเรื้อรังและความเสื่อมสมรรถภาพได้ในการรักษามุ่งไปที่ควบคุมอาการรุนแรง ในช่วงอาการกำเริบ ซึ่งผู้ป่วยมักไม่รู้ตัวเอง ขาดการควบคุมตัวเอง บางรายมีความคิดแตกแยก อาจก่อพฤติกรรมรุนแรง ที่เป็นอันตรายต่อบุคคลรอบข้าง ตัวเอง และทรัพย์สินเมื่ออาการดีขึ้นแล้ว ผู้ป่วยจำเป็นต้องกินยา หรือฉีดยาอย่างต่อเนื่อง เพื่อควบคุมไม่ให้อาการกำเริบซ้ำ ในการช่วยให้ผู้ป่วยสามารถใช้ชีวิตอยู่ในชุมชนได้ตามปกติ เรื่องที่จะต้องเฝ้าระวังเป็นพิเศษ คือการป้องกันการขาดยา หรือการลดยาเอง รวมถึงการหลีกเลี่ยงการใช้สารเสพติด การดูแลรักษาผู้ป่วยจิตเภทที่ดี จะต้องอาศัยความร่วมมือครบทั้งสามองค์ประกอบคือ โรงพยาบาล ครอบครัวและชุมชน ดั้งนั้นบทบาทของญาติและบุคลากรในเขตบริการสุขภาพใกล้บ้านจึงมีความสำคัญในการช่วยให้ผู้ป่วยอยู่ในชุมชนได้โดยสงบ

การสำรวจโรคจิตเภทในประเทศไทย พบผู้ป่วยจิตเภทร้อยละ 23.34 ของผู้ป่วยโรคจิตเภททั้งหมด(กรมสุขภาพจิต, 2554) รายงานจำนวนผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาลในสังกัดกรมสุขภาพจิต พบว่าโรคจิตเภทเป็นโรคทางจิตเวชที่พบมากที่สุด มีจำนวนมากกว่า 1 ใน 3 ของผู้ป่วยนอกจิตเวชทั้งหมด คือจำนวน 388,369 รายจาก1,109,183 ราย คิดเป็นร้อยละ 35.01 และสำหรับผู้ป่วยในที่ป่วยด้วยโรคจิตเภทพบ 20,634 ราย จาก 42,861 ราย คิดเป็นร้อยละ 48.14 (กรมสุขภาพจิต, 2558)

โรงพยาบาลจิตเวชขอนแก่นราชนครินทร์เป็นศูนย์กลางการรักษาโรคทางจิตเวชและดูและสุขภาพจิตของประชากรในพื้นที่เขตบริการสุขภาพที่ 7 เป็นหลัก จากรายงานการปฏิบัติโรงพยาบาลจิตเวชขอนแก่นราชนครินทร์ปีพ.ศ.2556-2557 พบว่ามีผู้ป่วยโรคจิตเภทที่มารักษาในงานบริการผู้ป่วยนอกคิดเป็นร้อยละ 40.02 และ 37.02 ของผู้มารับบริการทั้งหมด และ

ในช่วง พ.ศ.2557 พบผู้ป่วยจิตเภทที่รับไว้รักษาในโรงพยาบาลร้อยละ 73.61 ของผู้ป่วยที่รับไว้รักษาทั้งหมด เป็นผู้ป่วยที่มีภูมิลำเนาในเขตบริการสุขภาพที่ 7

เขตบริการสุขภาพที่ 7 มีอัตราบุคลากรทางจิตเวชต่อแสนประชากรเท่ากับ 6.25 ซึ่งถือเป็นอันดับที่ 4 รองจากกรุงเทพมหานคร เขตบริการสุขภาพที่ 11 และเขตบริการสุขภาพที่ 2 ซึ่งมีอัตราบุคลากรทางจิตเวชต่อแสนประชากรเท่ากับ 13.9, 10.43 และ 6.54 ตามลำดับ อัตราผู้ป่วยจิตเวชในชุมชนที่ไม่ได้รักษาในเขตบริการสุขภาพที่ 7 สำรวจเมื่อปี พ.ศ.2556 คิดเป็นร้อยละ 55.21 และร้อยละการเข้าถึงบริการของหน่วยบริการทั่วประเทศคิดเป็นร้อยละ 44.79 โดยมีจำนวนผู้ป่วยโรคจิตรหัสโรค F20-F29 เท่ากับ 3,724.5 หรือประมาณ 3,725 คน (โรงพยาบาลศรีธัญญา, 2558)

สิริพร กมลธรรม (2553) สรุปไว้ว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) เป็นระบบสารสนเทศข้อมูลเชิงพื้นที่หรือข้อมูลที่มีพิกัดตำแหน่ง ซึ่งเป็นการผสมผสานการทำงานระหว่างกระบวนวิธีวิเคราะห์ร่วมกับระบบฐานข้อมูลที่มีการอ้างอิงเชิงพิกัด ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จึงหมายรวมถึงทั้งระบบของการให้คำตอบเชิงพื้นที่ซึ่งใช้เทคโนโลยีเพื่อดำเนินการในขั้นตอนต่างๆ เริ่มตั้งแต่การรวบรวมและนำเข้าข้อมูล การจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ การกำหนดเงื่อนไขสำหรับเลือกใช้ข้อมูลเพื่อนำไป วิเคราะห์ หรือสร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่ และในท้ายที่สุดจะทำการแสดงผลซึ่งเป็นการตอบคำถามเชิงพื้นที่ให้แก่ผู้ใช้ ฐานข้อมูลเป็นองค์ประกอบสำคัญ

สุรชัย รัตนเสริมพงศ์ (2553) สรุปไว้ในรายงานความก้าวหน้าเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศว่าการนำเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศและการจัดการฐานข้อมูลที่ก้าวหน้าและทันสมัย มาช่วยในการวางแผนและตัดสินใจการบริหารทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ ทำให้ได้รับผลประโยชน์สูงสุด อันเป็นที่สามารถยอมรับได้โดยทั่วไป อาจกล่าวได้ว่าภูมิสารสนเทศเป็นวิทยาการที่สำคัญสนับสนุนการตัดสินใจในด้านการบริการเชิงตำแหน่ง โดยนโยบายของรัฐบาลร้อยละ 80 เกี่ยวข้องกับข้อมูลเชิงพื้นที่

ในการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทางด้านการแพทย์และการสาธารณสุขในปัจจุบันนั้นใช้อย่างกว้างขวางในการเฝ้าระวังโรค โดยเฉพาะโรคติดเชื้อ โรคที่มีพาหะนำโรค รายงานการศึกษาของ Mesgari และ Masoomi (2008) ได้ประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจทางด้านสาธารณสุขในประเทศอิหร่าน สรุปว่าระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการบอกตำแหน่งที่เกิดการระบาดของโรค ช่วยในการวางแผนควบคุม บริหารจัดการในพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยอาศัยการเข้าถึงข้อมูลทรัพยากรที่มีอยู่ในพื้นที่ที่เกิดเหตุการณ์ ส่วนในด้านสุขภาพจิตพบว่าปัจจัยด้านกรรมพันธุ์ของประชากรในพื้นที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมที่ทำให้เกิดความผิดปกติโรคทางจิตเวชได้เช่นโรคจิตเภท โรคซึมเศร้า

Fortney, Xu และ Dong (2009) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของระดับชุมชนต่อการเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลในผู้ป่วยจิตเภท ใช้กลุ่มตัวอย่างจาก 811 เมือง ใน 14 รัฐ ของประเทศอเมริกา ผลการศึกษาพบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในชุมชนที่มีฐานะยากจน ชุมชนที่มีเปอร์เซนต์ของคนว่างงาน อัตราการครองเตียงต่อประชากร 1,000 คน ส่วนการรายงานผลในด้านองค์ประกอบที่ช่วยสนับสนุนการดูแลสุขภาพ ในการศึกษานี้ไม่พบความสัมพันธ์ต่อการเข้าถึงผู้เชี่ยวชาญในการดูแลผู้ป่วยจิตเภท

Wieczorek และคณะ (2009) สรุปว่าการใช้ GIS ได้ถูกนำมาใช้ในการวางแผนพฤติกรรมการดูแลสุขภาพอย่างกว้างขวาง การมีผู้เชี่ยวชาญด้าน GIS อย่างเดียวนั้นไม่เพียงพอ จะต้องอาศัยองค์ความรู้เฉพาะสาขามาช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาทางสุขภาพด้วยMesgariและ Masoomi (2008) กล่าวว่าการเข้าถึงข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีประโยชน์และการตัดสินใจที่เหมาะสมโดยผ่านการวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ จะทำให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์ที่ต้องการโดยรวดเร็ว ทันต่อสถานการณ์ และประหยัดกว่า ในขณะที่ Richardson (2014) กล่าวสรุปว่านักภูมิศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์GIS ผู้เชี่ยวชาญด้านGIS นักวิจัยด้านสุขภาพ นักวิจัยสาขาทางสุขภาพจิตจำเป็นต้องทำงานร่วมกัน จึงจะช่วยให้มองเห็นปัญหา สภาวะทางสุขภาพ และปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

ตลอดจนวิธีการสร้างแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหาได้อย่างตรงกับความต้องการของมนุษย์ การเจ็บป่วยทางจิตแม้ว่าพันธุกรรมจะส่งผลโดยตรงได้น้อยแต่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันกับปัจจัยด้านกายภาพและสิ่งแวดล้อม แล้วย่อมส่งผลอย่างเป็นลำดับในการเจ็บป่วยทางจิต

จากการศึกษาทบทวนเอกสารวิชาการต่างๆข้างต้น จึงประมาณการได้ว่าการนำระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้ร่วมกับข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโรคจิตเภท จะช่วยในการอธิบายข้อมูลเชิงพื้นที่ซึ่งจะสามารถทำให้เห็นลักษณะการกระจายของผู้ป่วยโรคจิตเภทในขุมชนในพื้นที่เขตบริการสุขภาพที่ 7 ผู้วิจัยจึงสนใจประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในงานสุขภาพจิตเพื่อช่วยในการศึกษาสภาพปัญหาผู้ป่วยโรคจิตเภทเชิงพื้นที่ตลอดจนทรัพยากรสุขภาพที่มีอยู่ในพื้นที่เขตบริการสุขภาพที่ 7 ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการสนับสนุนการพัฒนาเครือข่ายโรงพยาบาลในเขตบริการสุขภาพที่ 7 และช่วยในการสนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนพัฒนางานด้านจิตเวชของโรงพยาบาลที่เกี่ยวข้องต่อไป

2. วัตถุประสงค์

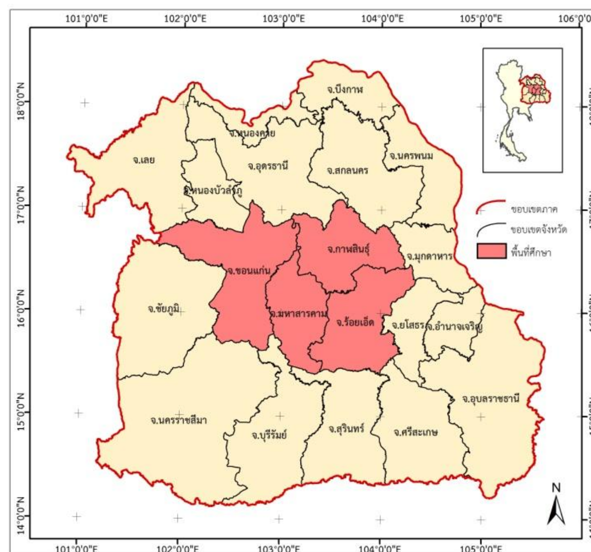
1) เพื่อพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อสนับสนุนเครือข่ายสุขภาพจิตในการดูแลผู้ป่วยโรคจิตเภทในระดับชุมชน

2) เพื่ออธิบายข้อมูลเชิงสถิติผู้ป่วยโรคจิตเภทและทรัพยากรทางสุขภาพในเชิงพื้นที่

3. วิธีการวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษา

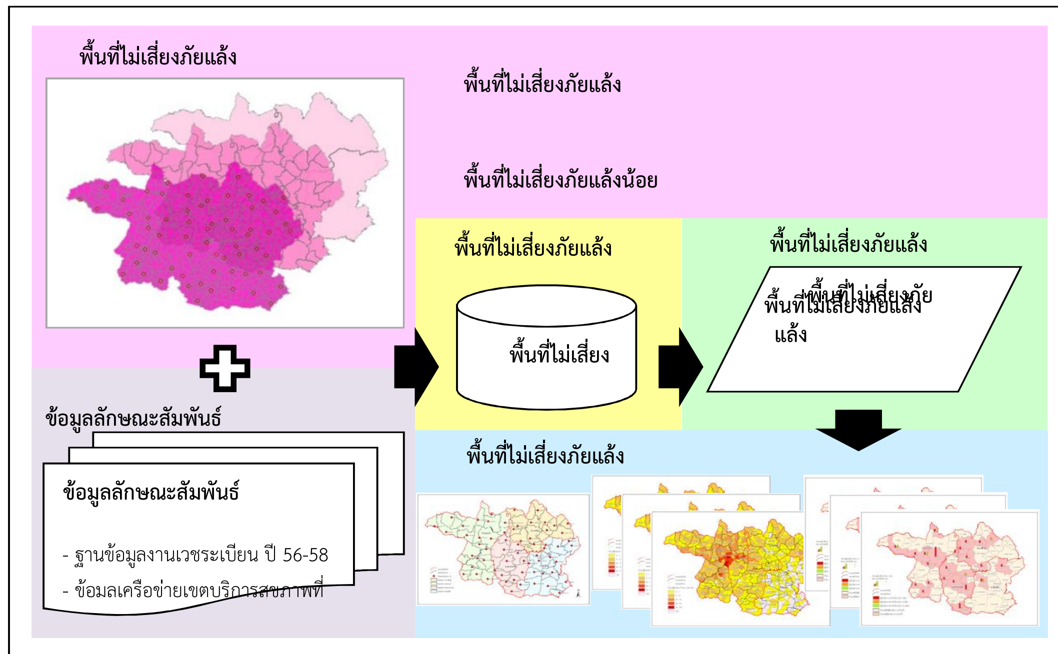
การศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในการสนับสนุนงานด้านจิตเวชในบริเวณพื้นที่เขตบริการสุขภาพที่ 7 ประกอบด้วย 4 จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ จังหวัดร้อยเอ็ด จังหวัดขอนแก่น จังหวัดมหาสารคาม และจังหวัดกาฬสินธุ์ ซึ่งตั้งอยู่ตอนกลางของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ระหว่างละติจูดที่ 15 องศา 24 ลิปดา ถึง 17 องศา 6 ลิปดาเหนือ และลองจิจูดที่ 101 องศา 45 ลิปดาถึง 104 องศา 21 ลิปดาตะวันออก แสดงตำแหน่งพื้นที่ศึกษาได้ ดังรูปที่ 1 เขตบริการสุขภาพที่ 7 มีพื้นที่ประมาณ 31,400 ตารางกิโลเมตร มีจำนวนประชากรทั้งสิ้นประมาณ 5,036,998 คน การแบ่งเขตการปกครองในพื้นที่เป็น 77 อำเภอ 662 ตำบล 8,131 หมู่บ้าน โดยจังหวัดขอนแก่นมีพื้นที่มากที่สุดรองลงมาได้แก่จังหวัดร้อยเอ็ด กาฬสินธุ์ และมหาสารคาม ตามลำดับ



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษาบริเวณเขตสุขภาพที่ 7

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่จากข้อมูลลักษณะของงานด้านจิตเวชในเขตบริการสุขภาพที่ 7 ทั้ง 4 จังหวัดในการศึกษาครั้งนี้ มีขั้นตอนการดำเนินงาน โดยเริ่มจากการเตรียมข้อมูลทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่ ข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ และข้อมูลอรรถาธิบาย โดยทำการจัดจำแนกข้อมูลของงานด้านจิตเวชที่ต้องการนำมาอธิบายในรูปแบบเชิงพื้นที่ จากนั้นทำการออกแบบและจัดทำฐานข้อมูลตามความต้องการของงานจิตเวช แล้วทำการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล เพื่อให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาจัดทำแผนที่ที่แสดงให้เห็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานด้านจิตเวชในเชิงพื้นที่ แสดงขั้นตอนการดำเนินงานดังรูปที่ 2 และสามารถอธิบายขั้นตอนการทำงานทั้ง 4 ขั้นตอน ได้ดังส่วนถัดไป



รูปที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1) การเตรียมข้อมูล

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและเตรียมข้อมูลเชิงพื้นที่ ข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ และข้อมูลอรรถาธิบาย ที่ใช้ในการศึกษา แล้วนำมาจำแนกประเภทและจัดกลุ่มข้อมูล รายการข้อมูลที่ใช้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงรายการข้อมูล

ข้อมูลพื้นฐาน	แหล่งข้อมูล	ปีที่จัดเก็บข้อมูล
สถิติผู้ป่วยโรคจิตเภท	งานเวชระเบียน โรงพยาบาลจิตเวชขอนแก่นราชนครินทร์	2556-2558
ข้อมูลโรงพยาบาลในเขตบริการสุขภาพที่ 7	งานเภสัชกรรม โรงพยาบาลจิตเวชขอนแก่นราชนครินทร์	2556
ข้อมูลทรัพยากรสุขภาพ	งานจิตเวชชุมชน โรงพยาบาลจิตเวชขอนแก่นราชนครินทร์	2557-2558
ข้อมูลทุติยภูมิเช่นขอบเขตการปกครอง ระดับตำบล ฯลฯ	ศูนย์ภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	2556
ตำแหน่งโรงพยาบาล	สร้างชั้นข้อมูลจุดจากค่าพิกัดตำแหน่งโรงพยาบาลจากแผนที่ออนไลน์และออกพื้นที่สุ่มตรวจสอบความถูกต้อง	2558

การจัดกระทำข้อมูล (Data Manipulation) โดยตรวจสอบความถูกต้อง ลดความซ้ำซ้อน ดูความสอดคล้องของข้อมูลแต่ละประเภทโดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลสรุปได้พอสังเขปดังนี้

- สถิติจำนวนผู้ป่วยโรคจิตเภท(Schizophrenia) ซึ่งในการศึกษานี้หมายถึง ผู้ป่วยที่แพทย์วินิจฉัยว่าป่วยด้วยโรคจิตเภท (รหัสโรค F20.0, F20.1, F20.2, F20.3, F20.4, F 20.5 และ Simple Schizophrenia) ที่เข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาลจิตเวชขอนแก่นราชนครินทร์ในปีพ.ศ.2556-2558 เก็บจากระเบียนผู้ป่วยที่เข้ารับบริการในโรงพยาบาลจิตเวชขอนแก่นราชนครินทร์ ได้แก่
    - จำนวนผู้ป่วยนอกที่ป่วยด้วยโรคจิตเภทที่มารับการรักษา แยกเก็บเป็นรายปี จำแนกตามตำบล อำเภอของแต่ละจังหวัดในเขตบริการสุขภาพที่ 7 (ขอนแก่น ร้อยเอ็ด กาฬสินธุ์ มหาสารคาม)
    - จำนวนผู้ป่วยที่รับไว้รักษา(ผู้ป่วยใน)โรคจิตเภท เก็บข้อมูลรหัสผู้ป่วย รหัสโรค ที่อยู่ปัจจุบัน วันที่รับไว้รักษา ครั้งที่รับไว้รักษา วันจำหน่าย แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์และจำแนกตามวันที่ผู้ป่วยกลับมารักษาซ้ำด้วยรหัสโรคเดิม(Readmitted) ภายใน 3(90 วัน), 6,12 เดือน
- ข้อมูลทรัพยากรสุขภาพ
    - รายชื่อโรงพยาบาลในเขตพื้นที่ศึกษาที่เปิดคลินิกบริการทางด้านสุขภาพจิต เก็บข้อมูลจากงานเภสัชกรรมและงานจิตเวชชุมชนโรงพยาบาลจิตเวชขอนแก่นราชนครินทร์
    - กำลังคนด้านสุขภาพ ได้แก่ ข้อมูลบุคลากรในพื้นที่ศึกษาที่ผ่านการอบรมเฉพาะทางที่สามารถดูแลผู้ป่วยจิตเภทได้(แพทย์ที่ผ่านการอบรมเวชกรรมชุมชนทางด้านจิตเวช พยาบาลที่จบหลักสูตรปริญญาโท และผู้จบวุฒิบัตร สาขาการพยาบาลสุขภาพจิตและจิตเวช)
    - ข้อมูลด้านการบริการและคลินิกที่เปิดให้บริการทางด้านจิตเวช คลินิกให้การปรึกษา โดยรวบรวมข้อมูลจากงานเว็บไซด์โรงพยาบาลศรีธัญญา กรมสุขภาพจิต
    - ข้อมูลยาสำหรับรักษาโรคจิตเภทของหน่วยบริการในพื้นที่ศึกษาเก็บจากงานเภสัชกรรมโรงพยาบาลจิตเวชขอนแก่นราชนครินทร์ ที่สำรวจไว้อย่างเป็นปัจจุบันทุก 2 ปี
- ข้อมูลเชิงพื้นที่ในการศึกษาครั้งนี้ศูนย์ภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือหน่วยงานที่ปรึกษาได้จัดเตรียมข้อมูลทุติยภูมิต่าง ได้แก่ ข้อมูลขอบเขตการปกครอง ระดับตำบล อำเภอและจังหวัด บริเวณ 4 จังหวัดในเขตบริการสุขภาพที่ 7 สำหรับข้อมูลตำแหน่งโรงพยาบาลของรัฐ ที่มีบุคลากร และยาสำหรับรักษาโรคจิตเภท ได้ทำการรวบรวมข้อมูลชื่อและสถานที่ตั้งของโรงพยาบาล มีทั้งหมด 64 แห่ง ได้ทำการหาค่าพิกัดของโรงพยาบาลทั้ง 64 แห่งจากเว็บไซด์ให้บริการแผนที่ออนไลน์ และสร้างชั้นข้อมูลจุด (Point) จากนั้นได้สุ่มออกพื้นที่ตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่งโรงพยาบาลที่สร้างขึ้นด้วยเครื่อง GPS

2) การออกแบบฐานข้อมูล

ทำการออกแบบฐานข้อมูล เพื่อเชื่อมความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ ข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ และข้อมูลอรรถาธิบาย โดยกำหนดคีย์หลักเพื่อใช้เป็นตัวเชื่อมความสัมพันธ์กับข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ ทั้งนี้โดยใช้โปรแกรมจัดการฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ใช้โปรแกรม ArcGIS ในการจัดการชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่

- การกำหนดรายละเอียดชั้นข้อมูล

กำหนดรายละเอียดชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ต่างๆ ที่ต้องการ ได้แก่ ชั้นข้อมูลตำแหน่งโรงพยาบาล ชั้นข้อมูลการบริการและคลินิก ชั้นข้อมูลผู้ป่วยใน-นอก ชั้นข้อมูลผู้ป่วยที่มีอาการกำเริบซ้ำ

- การกำหนดโครงสร้างข้อมูล

ชั้นข้อมูลภายในฐานข้อมูล ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

- ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial database)จัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่เป็นระบบตามพิกัด UTM zone 48 (Universal Transverse Mercator)
- ฐานข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ (Attribute database) ข้อมูลประกอบด้วยฟิลด์เก็บข้อมูลต่างๆ ตามรายละเอียดของชั้นข้อมูลที่กำหนดไว้
- ข้อมูลอรรถาธิบาย (Lookup Table) จัดเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับฐานข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ โดยจัดเก็บข้อมูลแยกส่วนตามลักษณะของเนื้อหา

3) การวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล

การประมวลผลทางสถิติ เช่นการนับจำนวนอัตราร้อยละ จัดลำดับช่วงข้อมูล เพื่อเตรียมการแสดงผลข้อมูลกราฟฟิกในรูปแผนที่ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการป่วยด้วยโรคจิตเภท จากแผนที่ผลลัพธ์ด้วยสายตา (Visual analysis) ร่วมกับการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติในเชิงพื้นที่ (Spatial statistics exploration)

4) การจัดทำแผนที่

นำชั้นข้อมูลต่างๆ ที่ได้ มาจัดทำแผนที่แสดงผลลัพธ์ ทั้งแผนที่แสดงตำแหน่งโรงพยาบาล แผนที่แสดงโรงพยาบาลที่มีการบริการงานด้านจิตเวช แผนที่แสดงข้อมูลผู้ป่วยใน แผนที่แสดงข้อมูลผู้ป่วยนอก แผนที่แสดงข้อมูลผู้ป่วยที่มีอาการกำเริบซ้ำ

4. ผลการวิจัย

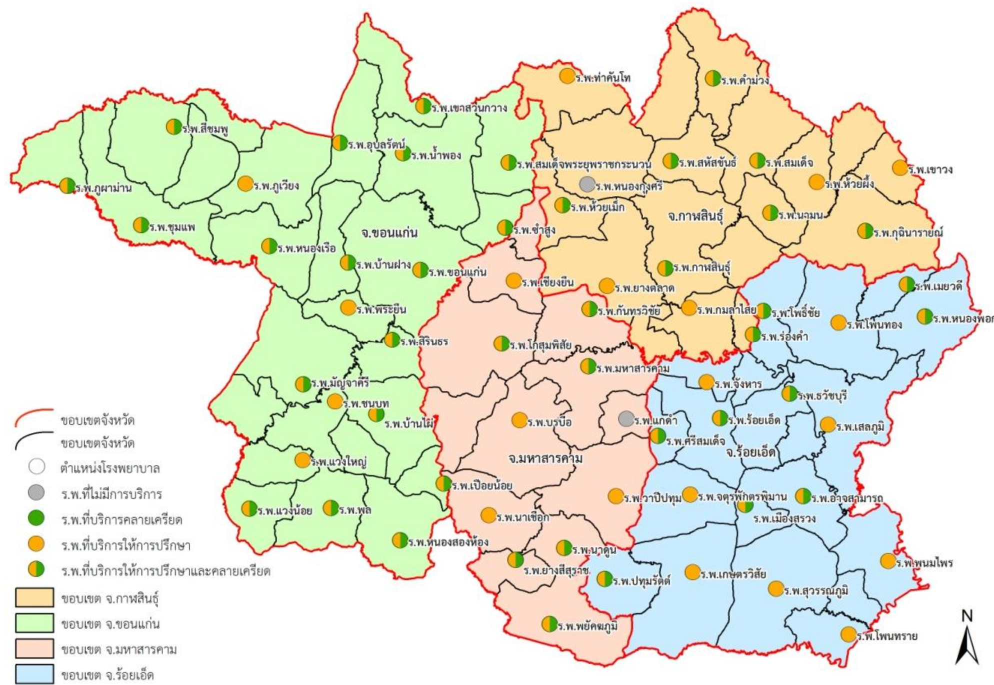
จากการดำเนินงานตามขั้นตอนการศึกษา ในการนำข้อมูลเชิงพื้นที่มาสร้างชั้นข้อมูลที่อธิบายเกี่ยวกับงานด้านจิตเวชในเขตบริการสุขภาพที่ 7 ได้ข้อมูลตำแหน่งโรงพยาบาลของรัฐ ที่มีบุคลากร และยาสำหรับรักษาโรคจิตเภท ในเครือข่ายทั้งหมด 64 แห่ง แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนที่แสดงตำแหน่งโรงพยาบาลของรัฐบาลในเขตบริการสุขภาพที่ 7 ที่มีการให้บริการด้านจิตเวช

จากข้อมูลการบริการด้านจิตเวช ได้แก่ บริการให้คำปรึกษาและบริการคลายเครียด โรงพยาบาลในเครือข่ายเขตบริการสุขภาพที่ 7 มีโรงพยาบาลที่มีบริการให้คำปรึกษา 21 แห่ง โรงพยาบาลที่มีทั้งบริการให้คำปรึกษาและคลายเครียด 41 แห่ง และโรงพยาบาลที่ไม่มีบริการด้านจิตเวช 2 แห่ง แสดงดังรูปที่ 4

จากข้อมูลคลินิกสุขภาพจิตและจิตเวชโรงพยาบาลในเครือข่ายเขตบริการสุขภาพที่ 7 มีโรงพยาบาลที่มีคลินิกจิตเวช 60 แห่ง โรงพยาบาลที่ไม่มีคลินิกจิตเวช 4 แห่ง แสดงดังรูปที่ 5

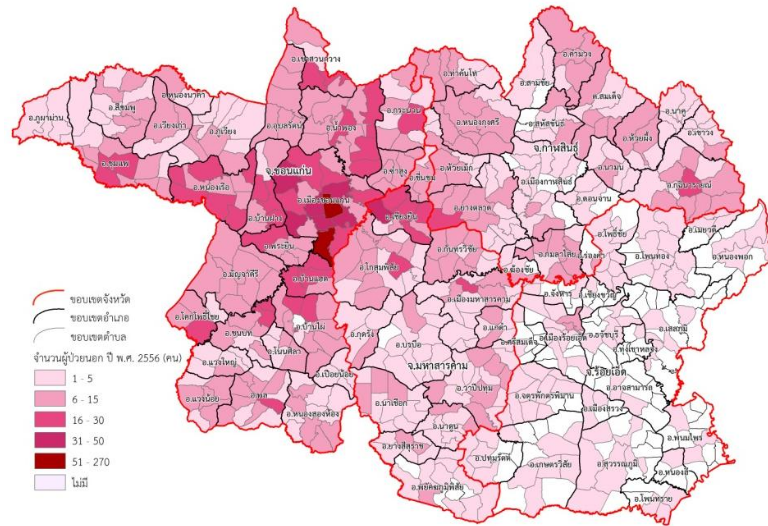


รูปที่ 4 แผนที่ตำแหน่งโรงพยาบาลในเครือข่ายเขตบริการสุขภาพที่ 7 ที่มีบริการให้คำปรึกษาและบริการคลายเครียด

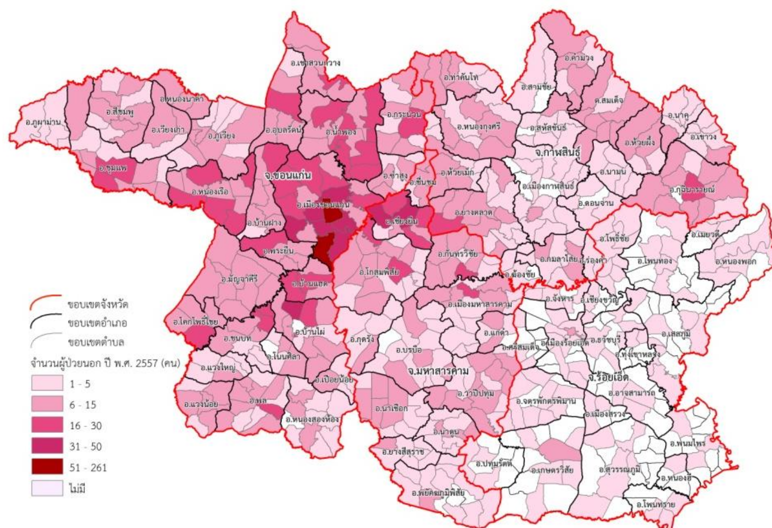


รูปที่ 5 แผนที่ตำแหน่งโรงพยาบาลในเครือข่ายเขตบริการสุขภาพที่ 7 ที่มีบริการคลินิกสุขภาพจิตและจิตเวช

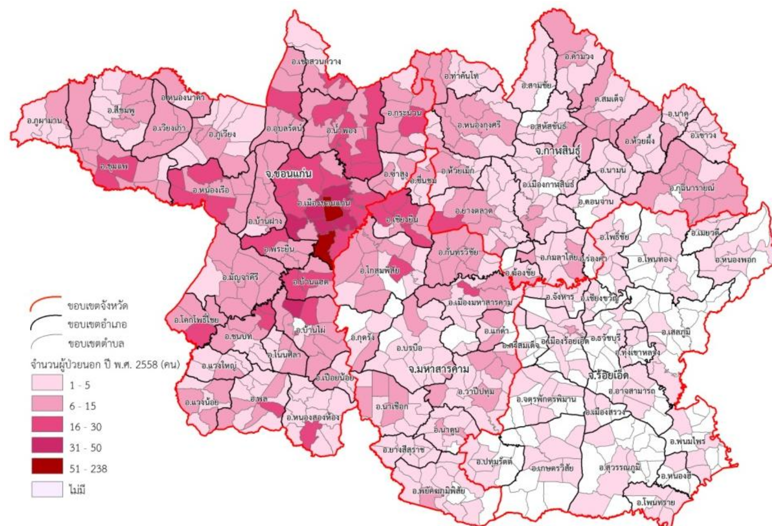
จากข้อมูลสถิติจำนวนผู้ป่วยโรคจิตเภท (Schizophrenia) ในเวชระเบียนผู้ป่วยที่เข้ารับบริการในโรงพยาบาลจิตเวชขอนแก่นราชนครินทร์ ปี พ.ศ. 2556 - 2558 สามารถสร้างแผนที่แสดงจำนวนผู้ป่วยในและผู้ป่วยนอก แบ่งตามภูมิลำเนารายตำบลได้ดังรูปที่ 6-7 ตามลำดับ



(ก)

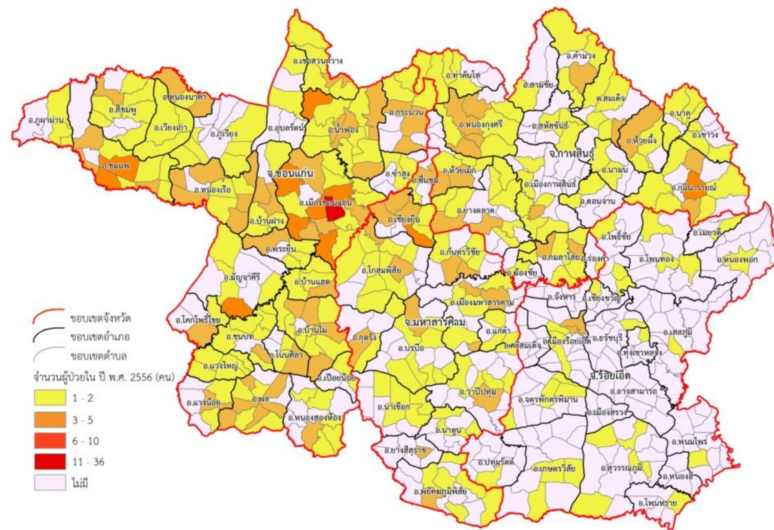


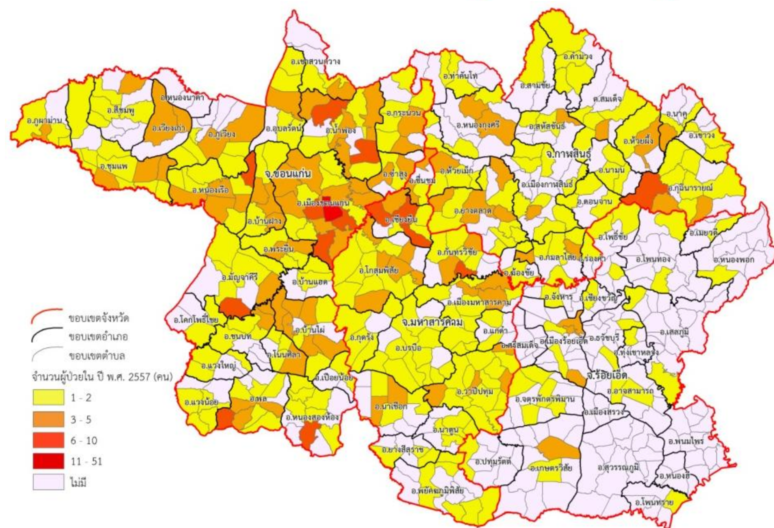
(ข)

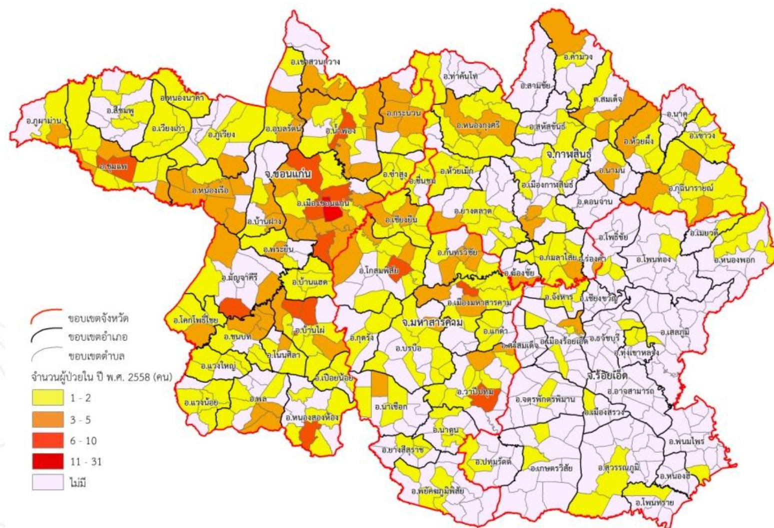


(ค)

รูปที่ 6 แผนที่แสดงจำนวนผู้ป่วยโรคจิตเภท ที่เข้ารับบริการของโรงพยาบาลจิตเวชขอนแก่นราชนครินทร์ จากข้อมูลผู้ป่วยนอก แบ่งตามภูมิลำเนารายตำบล (ก) จำนวนผู้ป่วยนอก ปี พ.ศ. 2556 (ข) จำนวนผู้ป่วยนอก ปี พ.ศ. 2557 (ค) จำนวนผู้ป่วยนอก ปี พ.ศ. 2558







รูปที่ 7 แผนที่แสดงจำนวนผู้ป่วยโรคจิตเภท ที่เข้ารับบริการของโรงพยาบาลจิตเวชขอนแก่นราชนครินทร์ จากข้อมูลผู้ป่วยใน แบ่งตามภูมิลำเนารายตำบล (ก) จำนวนผู้ป่วยใน ปี พ.ศ. 2556 (ข) จำนวนผู้ป่วยใน ปี พ.ศ. 2557 (ค) จำนวนผู้ป่วยใน ปี พ.ศ. 2558

แผนที่แสดงจำนวนผู้ป่วยโรคจิตเภท ดังรูปที่ 6-7 ได้จากข้อมูลผู้ป่วยโรคจิตเภทที่เข้ารับบริการของโรงพยาบาลจิตเวชขอนแก่นราชนครินทร์ ปี พ.ศ. 2556 มีจำนวนผู้ป่วยนอกที่เข้ารับบริการทั้งหมด 36,482 ครั้ง เป็นผู้ป่วยจากจังหวัดในเขตบริการสุขภาพที่ 7 เข้ารับบริการจำนวน 25,601 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 70 จากผู้ป่วยนอกที่เข้ารับบริการทั้งหมด หากจำแนกตามรหัสผู้ป่วยมีจำนวน 4,047 คน จาก 589 ตำบล และมีผู้ป่วยในจากจังหวัดในเขตบริการสุขภาพที่ 7 เข้ารับบริการ 895 ครั้ง จำแนกตามรหัสผู้ป่วยได้ 736 คน จาก 343 ตำบล

ในปี พ.ศ. 2557 มีจำนวนผู้ป่วยนอกที่เข้ารับบริการทั้งหมด 36,424 ครั้ง เป็นผู้ป่วยจากจังหวัดในเขตบริการสุขภาพที่ 7 เข้ารับบริการจำนวน 26,194 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 72 จากผู้ป่วยนอกที่เข้ารับบริการทั้งหมด หากจำแนกตามรหัสผู้ป่วยมีจำนวน 4,141 คน จาก 589 ตำบล และมีผู้ป่วยในจากจังหวัดในเขตบริการสุขภาพที่ 7 เข้ารับบริการ 1,017 ครั้ง จำแนกตามรหัสผู้ป่วยได้ 820 จาก 371 ตำบล

ในปี พ.ศ. 2558 มีจำนวนผู้ป่วยนอกที่เข้ารับบริการทั้งหมด 26,494ครั้ง เป็นผู้ป่วยจากจังหวัดในเขตบริการสุขภาพที่ 7 เข้ารับบริการจำนวน 19,361 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 73 จากผู้ป่วยนอกที่เข้ารับบริการทั้งหมด หากจำแนกตามรหัสผู้ป่วยมีจำนวน 3,815 คน จาก 577 ตำบล และมีผู้ป่วยในจากจังหวัดในเขตบริการสุขภาพที่ 7 เข้ารับบริการ824 ครั้ง จำแนกตามรหัสผู้ป่วยได้ 715 คน จาก 339 ตำบล ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลผู้ป่วยโรคจิตเภทที่มาใช้บริการโรงพยาบาลจิตเวชขอนแก่นราชนครินทร์ ปี พ.ศ. 2556- 2558

ลำดับ	รายการ	ปี 2556		ปี 2557		ปี 2558*	
		ผู้ป่วยนอก	ผู้ป่วยใน	ผู้ป่วยนอก	ผู้ป่วยใน	ผู้ป่วยนอก	ผู้ป่วยใน
1	ผู้ป่วยเข้ารับบริการรวมทั้งหมด (ครั้ง)	36,482	1,525	36,424	1,546	26,494	1225
2	ผู้ป่วยจังหวัดในเขตบริการสุขภาพที่ 7 เข้ารับบริการ (ครั้ง)	25,601	895	26,194	1,017	19,361	824
3	จำนวนผู้ป่วยทั้งหมด (คน)	4,047	736	4,141	820	3,815	715
4	จำนวนตำบล (ตำบล)	589	343	589	371	577	339

<u>หมายเหตุ</u>* ข้อมูลปี 2558 เป็นข้อมูลจากเดือนมกราคม - กันยายน 2558

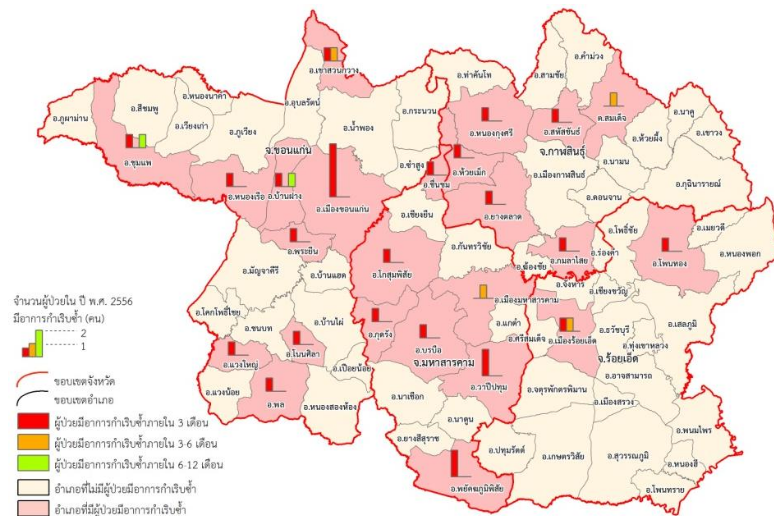
จากข้อมูลเวชระเบียนผู้ป่วยที่เข้ารับบริการในโรงพยาบาลจิตเวชขอนแก่นราชนครินทร์ และได้รับไว้รักษา (ผู้ป่วยใน) ปี พ.ศ. 2556 - 2558 นำมาวิเคราะห์และจำแนกตามวันที่ผู้ป่วยได้กลับเข้ามารักษาซ้ำด้วยรหัสโรคเดิม (Readmitted) ภายใน 3 เดือน (90 วัน), 3-6 เดือน และ 6-12 เดือน ดังตารางที่ 3 พบว่า ปี พ.ศ. 2556 มีผู้ป่วย จำนวน 33 คน จาก 24 อำเภอ ที่มีอาการกำเริบซ้ำ โดยจำแนกเป็นมีอาการกำเริบซ้ำภายใน 3 เดือน จำนวน 27 คน, ในช่วง 3-6 เดือน จำนวน 4 คน และในช่วง 6-12 เดือน จำนวน 2 คน ปี พ.ศ. 2557 มีผู้ป่วย จำนวน 43 คน จาก 21 อำเภอ ที่มีอาการกำเริบซ้ำ โดยจำแนกเป็นมีอาการกำเริบซ้ำภายใน 3 เดือน จำนวน 32 คน ในช่วง 3-6 เดือน จำนวน 9 คน และในช่วง 6-12 เดือน จำนวน 2 คน ปี พ.ศ. 2558 มีผู้ป่วย จำนวน 30 คน จาก 22 อำเภอ ที่มีอาการกำเริบซ้ำ โดยจำแนกเป็นมีอาการกำเริบซ้ำภายใน 3 เดือน จำนวน 23 คน ในช่วง 3-6 เดือน จำนวน 7 คน และไม่มีผู้ป่วยที่มีอาการกำเริบซ้ำใน 6-12 เดือน แสดงข้อมูลดังตารางที่ 3 และสามารถสร้างแผนที่แสดงจำนวนผู้ป่วยในโรคจิตเภทที่มีอาการกำเริบซ้ำเป็นกราฟแท่งของจำนวนผู้ป่วยที่มีอาการกำเริบซ้ำภายใน 3, 6และ 12 เดือน แบ่งตามภูมิลำเนารายอำเภอได้ดังรูปที่ 8

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลจำนวนผู้ป่วยในโรคจิตเภทโรงพยาบาลจิตเวชขอนแก่นราชนครินทร์ ที่มีอาการกำเริบซ้ำ ภายใน 3 เดือน 3-6 เดือน และ 6-12 เดือน แบ่งตามภูมิลำเนารายอำเภอ ปี พ.ศ. 2556- 2558

รายการ	ปี 2556	ปี 2557	ปี 2558*
จำนวนอำเภอที่พบผู้ป่วยที่มีอาการกำเริบซ้ำ	24	21	22
ผู้ป่วยที่มีอาการกำเริบซ้ำใน 3 เดือน/ 90 วัน (คน)	27	32	23
ผู้ป่วยที่มีอาการกำเริบซ้ำใน3-6 เดือน (คน)	4	9	7
ผู้ป่วยที่มีอาการกำเริบซ้ำใน6-12 เดือน (คน)	2	2	0

<u>หมายเหตุ</u>* ข้อมูลปี 2558 เป็นข้อมูลจากเดือนมกราคม - กันยายน 2558

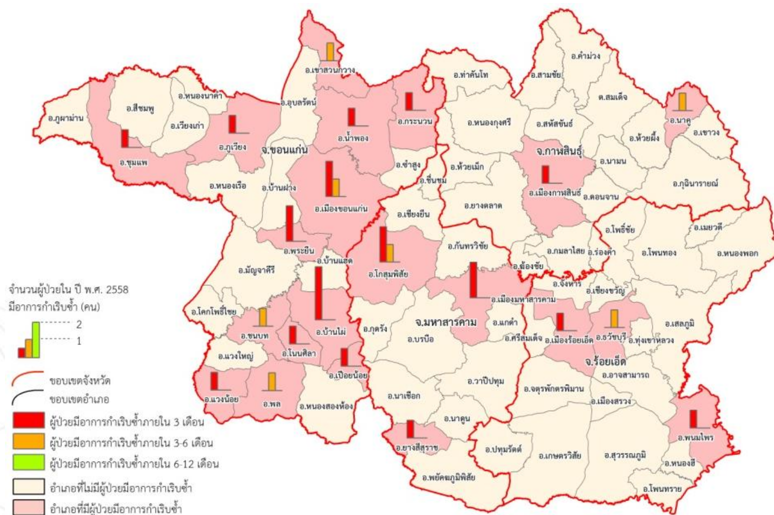
(ก)



(ข)



(ค)



รูปที่ 8 แผนที่แสดงจำนวนผู้ป่วยในโรคจิตเภทโรงพยาบาลจิตเวชขอนแก่นราชนครินทร์ ที่มีอาการกำเริบซ้ำ ภายใน 3 เดือน 3-6 เดือน และ 6-12 เดือน แบ่งตามภูมิลำเนารายอำเภอ จำนวนผู้ป่วยอาการกำเริบซ้ำใน (ก) ปี พ.ศ. 2556 (ข) ปี พ.ศ. 2557 (ค) ปี พ.ศ. 2558

5. วิจารณ์ผลและสรุปผล

เมื่อพิจารณาจากผลการสำรวจข้อมูลทางสถิติผู้ป่วยโรคจิตเภทในเชิงพื้นที่เขตบริการสุขภาพที่ 7 โดยการแสดงแผนที่ข้อมูลผู้ป่วยนอก ผู้ป่วยใน ผู้ป่วยที่มีอาการกำเริบซ้ำในช่วงแต่ละปีที่ทำการศึกษาทำให้มองเห็นภาพการกระจายของผู้ป่วยด้วยโรคจิตเภทหนาแน่นในเขตพื้นที่ชุมชนโดยเฉพาะในเขตอำเภอที่มีประชากรมาก ได้แก่อำเภอเมืองขอนแก่น อำเภอบ้านไผ่ อำเภอเมืองมหาสารคาม อำเภอเชียงยืน อำเภอชุมแพเป็นต้น อำเภอเหล่านี้เป็นอำเภอที่ไม่มีคลินิกให้บริการทางด้านสุขภาพจิตและจิตเวชถึงแม้จะมีคลินิกให้การปรึกษาและคลินิกคลายเครียดแต่ยังปรากฏว่าในทุกๆปีจะมีผู้ป่วยอาการกำเริบซ้ำจำนวนมากกว่าอำเภอที่มีคลินิกบริการด้านสุขภาพจิตและจิตเวช อย่างไรก็ตามอำเภอเมืองขอนแก่นซึ่งเป็นที่ตั้งของโรงพยาบาลจิตเวชขอนแก่นราชนครินทร์ซึ่งเป็นศูนย์กลางการดูแลผู้ป่วยจิตเภทในเขตบริการสุขภาพที่ 7 พบว่าจำนวนผู้ป่วยอาการกำเริบซ้ำสูงในทุกๆปีที่ทำการศึกษา ซึ่งตรงกับการศึกษาของ Fortney, Xu และ Dong (2009) ที่สรุปไว้ว่าไม่พบความสัมพันธ์ต่อการเข้าถึงผู้เชี่ยวชาญในการดูแลผู้ป่วยจิตเภท อาจมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลให้เกิดการกำเริบของอาการทางจิตและต้องกลับมานอนรักษาซ้ำในโรงพยาบาล อย่างไรก็ตามจากการศึกษาและทบทวนวรรณกรรมพบว่าระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีความเหมาะสมในการจัดเก็บ จัดการและแสดงผลข้อมูลที่มีความหมายและง่ายต่อการเข้าใจกว่าการอธิบายข้อมูลเชิงบรรยายแบบเดิมที่ทางโรงพยาบาลจิตเวชขอนแก่นราชนครินทร์เคยใช้ ตรงตามข้อสรุปของสิริพร กมลธรรม(2553)และในการนำหลักการด้าน GIS มาใช้ในกระบวนการวิจัยจำเป็นที่นักวิชาการเฉพาะสาขาจะต้องผสานมือกับนักวิทยาศาสตร์ GIS และผู้เชี่ยวชาญด้าน GIS จึงจะสามารถมองเห็นภาพปัญหาเชิงพื้นที่สัมพันธ์กับปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม ตามที่ Wieczorek และคณะ (2009) ได้เสนอแนะไว้

6. ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษานี้ได้จัดทำฐานข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อช่วยสนับสนุนการดูแลผู้ป่วยโรคจิตเภทในชุมชนเครือข่ายบริการสุขภาพที่ 7 โดยการสำรวจการผู้ป่วยโรคจิตเภทเฉพาะที่มารับรักษาที่โรงพยาบาลจิตเวชขอนแก่นราชนครินทร์เท่านั้น จำนวนผู้ป่วยที่ได้จึงไม่ใช่ผู้ป่วยทั้งหมดในเขตพื้นที่ศึกษา อย่างไรก็ตามข้อค้นพบนี้ได้ก็ถือได้ว่าเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนและการตัดสินใจดำเนินการส่งเสริมความร่วมมือในการรักษาและวางแผนป้องกันอาการกำเริบซ้ำ เพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดในการศึกษาขั้นต่อไปควรมีการสำรวจการเข้ารับบริการที่คลินิกในเครือข่ายและนำมาวิเคราะห์ร่วมกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องอื่นเช่น กรรมพันธุ์ อายุ เพศ ลักษณะทางกายภาพของถิ่นที่อยู่อาศัย ตลอดจนวัฒนธรรมและวิถีชีวิตในการดูแลสุขภาพจิต รวมถึงการศึกษาปัจจัยกระตุ้น ปัจจัยเสี่ยงต่างๆเพื่อประสิทธิผลที่ดีในการวางแผนในการเฝ้าระวังได้ตรงต่อความต้องการเฉพาะพื้นที่ได้ดียิ่งขึ้น ข้อมูลด้านทรัพยากรสุขภาพควรทำการสำรวจและปรับปรุงให้เป็นปัจจุบันมากที่สุดในการวิเคราะห์ผู้ป่วยที่มีอาการกำเริบซ้ำสำหรับการศึกษานี้คิดเฉพาะรายที่มีการวินิจฉัยโรคสองครั้งสุดท้ายที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลจิตเวชขอนแก่นราชนครินทร์ด้วยรหัสที่ตรงกันทั้งโรคหลักและโรคร่วมเท่านั้น แต่ในความเป็นจริงผู้ป่วยที่ได้รับการวินิจฉัยด้วยรหัสโรคหลักเดียวกันแต่โรคร่วมต่างกันที่กลับมารักษาซ้ำก็มีจำนวนที่น่าสนใจ จึงมีความจำเป็นที่ผู้ให้การดูแลควรมีการเฝ้าระวัง ตลอดจนดำเนินการช่วยเหลือตามความเหมาะสม ปัจจัยที่เป็นสาเหตุส่งเสริมให้มีอาการกำเริบและการอยู่ในชุมชนได้ยาวนานขึ้นก็เป็นเรื่องที่ควรนำมาพิจารณาเพื่อประกอบการวางแผนดูแลได้อย่างมีประสิทธิภาพขึ้น หากมีการพัฒนาฐานข้อมูลเพิ่มเติม จะมีการนำข้อมูลที่ได้จัดทำเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจ เพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องใช้ในการวางแผนการพัฒนาเครือข่ายงานด้านจิตเวชในเขตบริการสุขภาพที่ 7 ต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

กรมสุขภาพจิต.(2554). **รายงานและสถิติกรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข.** สืบค้นเมื่อ 12 ต.ค. 2558 จากhttp://www.dmh.go.th/report/report1.asp

กรมสุขภาพจิต. (2558).**สำนักยุทธศาสตร์สุขภาพจิต** . สืบค้นเมื่อ 12 ต.ค. 2558 จาก http://www.plan.dmh.go.th/FormRptDmh/view.asp?id=137

สิริพร กมลธรรม.(2553). **ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เบื้องต้น.** กรุงเทพมหานคร :สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน)

สุรชัย รัตนเสริมพงศ์.(2553). **ความก้าวหน้าเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ.**กรุงเทพมหานคร : สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน).

สถาบันจิตเวชศาสตร์สมเด็จเจ้าพระยา.(2558).**รายงานสถาบันจิตเวชศาสตร์สมเด็จเจ้าพระยา.** กรุงเทพมหานคร: ม.ป.ท.

โรงพยาบาลศรธัญญา. **ระบบฐานข้อมูลด้านส่งเสริมป้องกันสุขภาพจิต**.สืบค้นเมื่อ 30 พฤศจิกายน 2558 เข้าถึงได้ที่http://mpis.srithanya.go.th/mhc/TotPopulation.aspx

Fortney, Xu and Dong (2009). Community –Level Correlates of Hospitalizations for Persons with Schizophrenia.**Journal Psychiatry** 6(2) : 69-73.

Mesgari, MS and Massomi, Z(2008). GIS Application in Public Health as a decision Making Support System and It’s Limitation in Iran. **World Application Sciences Journal** 3(1) : 73-77.

Richardson, D(2014). **“Crossing Borders”: Geography, GIS and Mental Health.** Retrieved November 25, 2015, from: http://www.esri.com/news/arcnews/summer09articles/geography-gis.html

Wieczoreck WF, et al(2008).Using GIS in planning Behavioral Health Preventive Service. **ESRI Health GIS Conference proceed.** Retrieved November 19, 2015, from: http://www.buffalostate.edu.

การคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์โดยใช้เทคนิค การสำรวจข้อมูลระยะไกลแบบอัตโนมัติ

The Automatic Assessment Weekly of Drought Risk Area with Remote Sensing Technique

ณภัสวัฒน์ ราชพิบูลย์[1] ศิริวรรณ วงศ์กูล[1] และ วรนุช จันทร์สุริย์[2]

Naphatsawat Rachpibool, Siriwan Wongkoon and Woranut Chansury

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี

31 หมู่ที่ 6 ตำบลมะขามเตี้ย อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84000

[2]สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

120 ศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ (อาคาร B) ถ. แจ้งวัฒนะ หลักสี่ กรุงเทพฯ 10210

e-mail: naphatsawat.r@gmail.com, siriwan.wo@psu.ac.th, woranut@gistda.or.th

บทคัดย่อ

การติดตามสถานการณ์ความแห้งแล้ง มีความสำคัญยิ่งสำหรับประเทศไทย เนื่องจากสภาวะโลกร้อน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ เกิดเป็นสภาวะแห้งแล้ง มีผลกระทบต่อการเกษตรโดยเฉพาะในเรื่องของน้ำและการเพาะปลูกพืช ดังนั้นการคาดการณ์ที่ถูกต้องก่อนหน้าที่จะเกิดเหตุการณ์เพียงไม่กี่สัปดาห์ เป็นการเตรียมโอกาสที่มีคุณค่ายิ่งในการเฝ้าระวังสำหรับระบบการเตือนภัยและมีความจำเป็นในสถานการณ์ปัจจุบัน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในประเทศไทย ซึ่งนำเสนอวิธีการในการสร้างแบบจำลอง (Model) ทางคณิตศาสตร์เพื่อคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์แบบอัตโนมัติ ผู้วิจัยใช้ข้อมูลรายสัปดาห์ของดัชนีความแตกต่างความชื้น (NDWI) และดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ (NDVI) จากดาวเทียม Terra/Aqua ระบบ MODIS ตั้งแต่ พ.ศ. 2556 – 2557 ในการสร้างแบบจำลอง และใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม – เมษายน พ.ศ. 2558 สำหรับทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยทำการแบ่งพื้นที่ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use) และสุ่มจุด (Random Point) ด้วยโปรแกรมทางด้านภูมิสารสนเทศ คำนวณค่าสหสัมพันธ์แบบ Spearman และสร้างแบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง NDVI และ NDWI ซึ่งใช้การวิเคราะห์การถดถอยแบบอนุกรมเวลา ผลการศึกษาพบว่า NDVI ของสัปดาห์ก่อนหน้า และสัปดาห์ปัจจุบัน เป็นปัจจัยสำคัญในการคาดการณ์ NDWI ใช้แบบจำลองที่ได้เพื่อสร้างแผนที่แบบอัตโนมัติ โดยใช้ภาษา Python แบบจำลองที่ได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคาดการณ์และค่าจริง 48.37% แบบจำลองที่ได้จากการศึกษานี้สามารถคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในประเทศไทยได้ เป็นข้อมูลให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและชุมชนนำไปใช้ประโยชน์ในสนับสนุนการตัดสินใจวางแผนป้องกันและลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นในพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การคาดการณ์ ภัยแล้ง ดัชนีความแตกต่างความชื้น ดัชนีความแตดต่างของพืชพรรณ การสำรวจข้อมูลระยะไกล

ABSTRACT

Monitoring of drought situation in Thailand has very important because of the global warming in Thailand incurred to climate change and become to drought. The drought situation affecting agriculture, especially water and plants factors. Therefore, accurate predictions for even a few weeks, provide an invaluable opportunity to surveillance data for early warning system and has a necessary in the current situation. This research is to develop a model for assessment automatically drought risk area in Thailand. Data on weekly Normalized Difference Water Index (NDWI) and Normalized Difference Vegetation Index

(NDVI) from Terra/Aqua satellite MODIS system over the period of 2013-2014 were used for the training data set. The forecasting accuracy of the model was verified using the data between January – April 2015. The NDWI data were divided using land used and random point with geo-informatics program. Spearman correlation analysis and time-series regression analysis were performed to quantify the relationship between NDVI and NDWI. The results showed that NDVI at a lag of zero and one months were significant predictors of NDWI. The predicted NDWI were used to create the automatic maps with Python programming. The model demonstrated goodness-of-fit with a correlation between observed and predicted NDWI of 48.37%. The model could be used to predict the drought risk area in Thailand. The information could be useful for the related organizations and communities for planning and operational activities and better decision-making regarding drought risk area prevention and more efficiency for reducing the damage will be occurred in the area.

KEY WORDS: Assessment, Drought, NDWI, NDVI, Remote Sensing

1. บทนำ

นับตั้งแต่ปี พ.ศ.2544 เป็นต้นมาหลายองค์กรและหน่วยงานต่างๆ ทั่วโลกที่ศึกษาค้นคว้า เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมโลก เริ่มมีการนำเสนอผลการศึกษาให้ทั่วโลกได้รับรู้ถึงสภาพปัญหาของสิ่งแวดล้อมโลกรวมถึงผลกระทบ ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันว่าภาวะโลกร้อนกำลังคุกคามสิ่งแวดล้อม และการดำรงชีวิตของมนุษย์ทั่วโลก (กอร์, 2549) โดยก่อให้เกิดภัยธรรมชาติซึ่งเป็นปรากฏการณ์รุนแรงที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มีผลกระทบทำให้มนุษย์ไม่สามารถดำรงชีวิตได้ตามปกติสุข ก่อให้เกิดความเสียหายทั้งชีวิตและทรัพย์สินเป็นจำนวนมาก ภัยที่มีความสำคัญไม่ยิ่งไปกว่าอุทกภัยน้ำท่วม คือ ภัยแล้ง เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ทำให้เกิดสภาวะขาดแคลนน้ำ ซึ่งส่งผลกระทบต่อมนุษย์ทั้งทางและทางอ้อม โดยเฉพาะประเทศไทยที่ประชากรมีอาชีพเกษตรกรรมเป็นหลัก และเกษตรกรรมนั้นยังต้องพึ่งพาอาศัยฝนจากธรรมชาติ ภัยแล้งมีผลกระทบโดยตรงต่อการลดลงของผลผลิตทางการเกษตร และยังมีผลต่อการสูญเสียงบประมาณของประเทศในการบรรเทาความเดือดร้อนในพื้นที่ที่ประสบภัยแล้ง (สุรพันธ์, 2548)

สำหรับประเทศไทยผู้ที่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้งโดยตรง คือ ชาวนาและเกษตรกรที่เคยเพาะปลูกพืช ฤดูแล้งจำนวน 398,347 ราย พื้นที่ 11.97 ล้านไร่ แบ่งเป็น ในเขตลุ่มน้ำเจ้าพระยา 345,161 ราย พื้นที่ 10.70 ล้านไร่ และในเขตลุ่มน้ำแม่กลอง 53,186 ราย พื้นที่ 1.27 ล้านไร่ ซึ่งจากการประเมินจนถึงขณะนี้คิดเป็นมูลค่าความเสียหายแล้วราว 5,600 ล้านบาท และชาวนาผู้ปลูกข้าวอาจสูญเสียรวมกว่า 14,000 ล้านบาท เมื่อสิ้นสุดฤดูร้อน นับเป็นมูลค่าความเสียหายมากที่สุดในค่าเฉลี่ยรอบ 5 ปีที่อยู่ที่ราว 11,900 ล้านบาท โดยสถานการณ์นี้จะยิ่งเป็นการฉุดกำลังซื้อภาคครัวเรือนในชนบท และส่งผลต่อเนื่องไปยังธุรกิจเกี่ยวเนื่อง ซ้ำเติมภาวะยากลำบากอยู่แล้วให้แย่ลงไปอีก โดยเฉพาะหากภัยแล้งกินเวลายาวนานกว่าที่คาดการณ์ไว้ (สิตาวีร์, 2558)

ปัจจุบันเป็นยุคข้อมูลข่าวสาร (Information Technology) ความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีมีส่วนสำคัญต่อการจัดการภัยพิบัติทางธรรมชาติ ภูมิสารสนเทศ (Geo informatics) ซึ่งประกอบด้วย ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) การรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing: RS) และระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Navigation Satellite System: GNSS) หรือเรียกรวมกันว่า เทคโนโลยี 3S จัดเป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัยสามารถจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อม และทรัพยากรธรรมชาติรวมทั้งภัยพิบัติทางธรรมชาติ ซึ่งสามารถทำได้สะดวกรวดเร็ว ทันต่อสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม และภัยพิบัติที่เกิดขึ้น ทั้งยังสามารถใช้ในการวางแผนจัดการป้องกันผลเสียหายที่เกิดจากภัยพิบัติทางธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพและสิ้นเปลืองงบประมาณไม่มาก นอกจากนี้ GIS ยังมีความสามารถในการจัดเก็บ (Storage) จัดการ (Management) สอบถาม (Query) วิเคราะห์ (Analysis) และแสดงผล (Display) ข้อมูลเชิงพื้นที่ได้อย่างดี ทั้งนี้มีการนำ GIS มาประยุกต์ใช้ในหลากหลายสาขา

รวมถึงด้านภัยพิบัติทางธรรมชาติที่ช่วยในการวางแผนป้องกัน แก้ไขได้ทันสถานการณ์ และยังสามารถใช้งานร่วมกับเทคโนโลยีด้านการสำรวจข้อมูลระยะไกล (Remote Sensing : RS) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่ง RS เป็นเทคนิคในการบันทึก (Recording) การสังเกต (Observing) และการรับรู้ (Sensing) เกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่ หรือปรากฏการณ์ที่ห่างไกล (Remote) โดยไม่ได้เข้าไปสัมผัสกับวัตถุเป้าหมาย เช่น ภาพถ่ายทางอากาศ ภาพถ่ายดาวเทียม เป็นต้น และองค์ประกอบสุดท้ายของเทคโนโลยี 3S ก็คือ GNSS (Global Navigation Satellite System) เป็นระบบที่ใช้บอกตำแหน่งบนพื้นโลก ในปัจจุบันมีหลายระบบให้เลือกใช้งาน เช่น GPS ชื่อเต็มคือ Global Positioning System เป็นของสหรัฐอเมริกา ประกอบด้วย ส่วนสำคัญหลายส่วน ได้แก่ดาวเทียม 32 ดวง สถานีควบคุม และผู้ใช้นอกจากนี้ยังมี GLONASS คือ Global Navigation Satellite System ซึ่งเป็นระบบของประเทศรัสเซีย ใช้ดาวเทียม 30 ดวง เพื่อระบุตำแหน่งบนพื้นโลก GNSS นี้มีความสำคัญในการเก็บข้อมูลภาคสนามทั้งยังเป็นอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ร่วมกับ GIS

เทคโนโลยีการสำรวจข้อมูลระยะไกล ใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความต่อเนื่องทั้งเชิงเวลา และเชิงพื้นที่ เนื่องจากมีการบันทึกภาพซ้ำเป็นช่วงเวลาทำให้ได้ข้อมูลที่มีความต่อเนื่อง มีการบันทึกภาพเป็นบริเวณกว้าง ข้อมูลจึงมีความครอบคลุมต่อพื้นที่ทั้งหมด (Gu, Brown, Verdin, & Wardlow, 2007) นอกจากนี้ยังมีข้อมูลหลายช่วงคลื่น ซึ่งตอบสนองต่อสิ่งที่บ่งบอกถึงความแห้งแล้งได้ เช่น พืชพรรณ ค่าคลอโรฟิลด์ในพืชพรรณ ปริมาณน้ำในพืช และดิน ที่สามารถเลือกใช้ให้ตรงกับความต้องการเพื่อแก้ไขปัญหาข้อมูลที่ขัดข้องจากสถานีตรวจอากาศได้ คุณสมบัติของข้อมูลการสำรวจระยะไกลที่กล่าวมาล้วนมีความเหมาะสมสำหรับการติดตาม เตือนภัย และคาดการณ์ความแห้งแล้งที่เกิดขึ้นกับพื้นที่ได้อย่างชัดเจน ตลอดช่วงเวลาที่เกิดความแห้งแล้งปริมาณน้ำในดินจะลดต่ำลง และมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิใบพืชอย่างมีความหมาย (Shakya & Yamaguchi, 2007) รวมถึงความเปลี่ยนแปลงอื่นของสภาวะพืชพรรณซึ่งสามารถใช้เป็นหลักในการบ่งชี้ความแห้งแล้งได้ การตรวจวัดความแห้งแล้งมีการนำวิธีการที่แตกต่างกันหลายวิธีมาใช้ในวิเคราะห์ โดยเฉพาะการใช้ดัชนีที่แสดงถึงการปรากฏอยู่ของพืชพรรณ ดัชนีเหล่านี้มีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไป สามารถนำมาใช้อธิบายสภาพปัจจุบันของพื้นที่ ลักษณะการกระจายตัวและความเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณได้ดีกว่าตัวแปรด้านภูมิอากาศ (Kogan, 1995) ดัชนีที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายเพื่อบ่งชี้สภาวะความแห้งแล้งได้แก่ ดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ (The Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) และดัชนีความแตกต่างความชื้น (The Normalized Difference Water Index: NDWI) เป็นต้น

ดังนั้นจากปัญหาภัยแล้งที่ส่งผลกระทบต่อการเกษตรในปัจจุบันทั้งปัญหาการขาดแคลนน้ำและการเพาะปลูกพืชประกอบด้วยความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์และแสดงผล เพื่อการจัดการภัยพิบัติ จึงเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งทั้งการเฝ้าระวัง และเตือนภัยทางด้านภัยแล้ง โดยเฉพาะการรับรู้ข้อมูลล่วงหน้า ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่มีคุณค่าสำหรับเกษตรกร ผู้ที่สนใจ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้เป็นอย่างดี โดยการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลดัชนี้ความแตกต่างของพืชพรรณ และดัชนีความแตกต่างความชื้น สะสมราย 7 วัน จากดาวเทียม Terra/Aqua ระบบ MODIS ในปี 2556 - 2557 เป็นข้อมูลสำหรับสร้างแบบจำลองและข้อมูลปี 2558 สำหรับทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ในการคาดการณ์การเกิดภัยแล้ง และสร้างแผนที่แบบอัตโนมัติโดยใช้ภาษา Python ในการจัดการข้อมูล ซึ่งผลที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกร อีกทั้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถดำเนินการวางแผน เฝ้าระวัง และเตือนภัยการเกิดภัยแล้งได้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งสูง

2. วัตถุประสงค์

1. ศึกษาข้อมูลดัชนีความแตกต่างความชื้นเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเลือกแนวทางที่เหมาะสมในพัฒนาแผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์แบบอัตโนมัติ
2. เพื่อพัฒนาแผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์แบบอัตโนมัติโดยใช้ภาษา Python ในการจัดการข้อมูล

3. วิธีการวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษา

ประเทศไทยตั้งอยู่กลางคาบสมุทรอินโดจีนในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และคาบสมุทรมลายู อยู่ระหว่างละติจูด 5° ถึง 21° เหนือ และลองติจูด 97° ถึง 106° ตะวันออก มีพื้นที่ 513,115 ตารางกิโลเมตร เป็นอันดับที่ 51 ของโลก และอันดับที่ 3 ของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รองจากประเทศอินโดนีเซียและพม่า ภูมิอากาศของไทยเป็นแบบเขตร้อน หรือแบบสะวันนา มีอุณหภูมิเฉลี่ย 18-34 ℃ และมีปริมาณฝนตกเฉลี่ยตลอดปีกว่า 1,500 มิลลิเมตร สามารถแบ่งได้เป็น 3 ฤดูกาล คือ ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายนเป็นฤดูร้อน ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมเป็นฤดูฝน ประเทศไทยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จากทะเลจีนใต้และพายุหมุนเขตร้อน ส่วนในเดือนพฤศจิกายนถึงกลางเดือนมีนาคมเป็นฤดูหนาว ประเทศไทยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจากประเทศจีน ส่วนภาคใต้มีสภาพอากาศแบบป่าดงดิบ ซึ่งมีอากาศร้อนชื้นตลอดทั้งปี แบ่งได้เป็น 2 ฤดู คือ ฤดูฝนและฤดูร้อน โดยฝั่งทะเลตะวันออก ฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน และฝั่งทะเลตะวันตก ฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษาประเทศไทย

3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ได้มีการเสนอดัชนีความแตกต่างความชื้น เพื่อตรวจวัดความชื้นในพืชพรรณด้วยข้อมูลการสำรวจระยะไกลโดย ใช้สมการ (1) ซึ่งช่วงคลื่น 0.86 ถึง 1.24 ไมโครเมตร มีผลกระทบจากการกระจัดกระจายเนื่องจากละอองลอยในชั้นบรรยากาศต่ำ ทำให้ NDWI ไวต่อละอองลอยในชั้นบรรยากาศน้อยกว่า NDVI ผลลัพธ์พบว่า NDWI ไวต่อการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในเรือนยอดพืช (Gao, 1996)

$$(\rho 0.86 - \rho 1.24) / (\rho 0.86 + \rho 1.24) \qquad (1)$$

นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาคุณสมบัติทั้งด้านคลื่นและลักษณะทางกายภาพของพืชในดัชนีพืชพรรณ 2 ดัชนี คือ NDVI และ EVI ที่ได้จากดาวเทียม Terra ระบบ MODIS ที่ความแยกชัด 500 และ 1000 เมตร เปรียบเทียบกับดัชนีที่ได้จากดาวเทียม NOAA-AVHRR (The Advanced Very High Resolution Radiometer) ที่ความแยกชัด 1000 เมตร พบว่าดัชนีที่ได้ จาก MODIS มีความแม่นยำสูงกว่า และพบว่า NDVI มีความอิ่มตัวที่ไม่สิ้นสุด (Asymptotically Saturate) ในพื้นที่ที่มีชีวมวลสูง ขณะที่ EVI ไวต่อความแตกต่างของชั้นเรือนยอด (Huete et al., 2002) และศึกษาการประเมินปริมาณน้ำในพืช (ข้าวโพดและถั่วเหลือง) โดยใช้ช่วงคลื่น NIR และ SWIR จากดาวเทียม Terra-MODIS โดยใช้ข้อมูลในช่วงคลื่นที่เป็นไปได้ 7 ช่วงคลื่นสำหรับการสร้างดัชนีพืชพรรณจาก MODIS Band 1-7 (ค่าการสะท้อนที่ 0.648, 0.858, 0.470, 0.555, 1.24, 1.64 และ 2.13 ไมโครเมตร ตามลำดับ) และประเมินแต่ละดัชนีโดยคำนวณความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำในพืช (Vegetation Water Content: VWC) พบว่าดัชนีNDVI และดัชนี NDWI เป็นตัวเลือกที่ดีที่สุด (Chen, Huang, and Jackson, 2005)

โดยการศึกษาวิจัยทางด้านความแห้งแล้งได้มีการศึกษาการประเมินความแห้งแล้งโดยการวิเคราะห์สถานะทางกายภาพของพืชที่มีผลมาจากสภาวะแห้งแล้งในพื้นที่ป่าสนชายขอบทะเลทรายในประเทศอิสราเอล โดยใช้ดัชนีพืชพรรณ NDVI ตรวจวัดสภาวะความเครียดของพืช และประยุกต์การตรวจวัดความเปลี่ยนแปลงระหว่างฤดูกาลและระหว่างปี ในพืช

พรรณด้วยเทคนิคผลต่างภาพ (Image DifferencingTechnique) สำหรับดัชนี NDVI จากการศึกษาพบความสอดคล้องระหว่างกิจกรรมการสังเคราะห์แสงกับพลวัตรของค่า NDVI ตลอดฤดูกาลเจริญเติบโต (Volcani et al., 2005) ในปีต่อๆ มามีการทำการประเมินความแห้งแล้งของทุ่งหญ้าใน Central Great Plains ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูล 5 ปีของ NDVI และ NDWI ที่ได้จากข้อมูลจากดาวเทียมระบบ MODIS ได้ผลลัพธ์ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง NDVI, NDWI และสภาวะความแห้งแล้ง และได้เสนอดัชนี NDDI (Normalized Different Drought Index) ที่พบว่ามีการตอบสนองต่อความแห้งแล้งในฤดูร้อนได้ดีกว่าค่าความแตกต่างทั่วไประหว่าง NDVI กับ NDWI และยังเป็นตัวชี้วัดความแห้งแล้งในทุ่งหญ้าได้ดีกว่าดัชนี NDVI เพียงอย่างเดียว (Gu et al., 2007)

จากการศึกษาข้อมูลสรุปได้ว่า ข้อมูลดัชนีความแตกต่างความชื้น คือข้อมูลเพื่อแสดงปริมาณน้ำในพืชและในดิน โดยสร้างจากสัดส่วนความต่างของช่วงคลื่นอินฟาเรดใกล้ (Near Infrared: NIR) และอินฟราเรดกลาง (short wave infrared: SWIR) ที่ตอบสนองต่อปริมาณน้ำในพืชและความชื้นของดิน ซึ่งสามารถบ่งชี้ถึงความชุ่มชื้นหรือแห้งแล้งของพื้นที่ได้ และข้อมูลดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ แสดงถึงความสมบูรณ์และความเขียวของพืชพรรณ โดยการหาอัตราส่วนความต่างระหว่างช่วงคลื่นสีแดง (Red) และอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared: NIR)

ตารางที่ 1 สมการดัชนีความแตกต่างความชื้นและความแตกต่างของพืชพรรณ

ดัชนี	สมการ	แหล่งอ้างอิง
1. ดัชนีความแตกต่างความชื้น	NDWI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)	Chen et al., 2005 Gu et al., 2007 Volcani et al., 2005 Shakya&Yamaguchi, 2007
2. ดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ	NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)	Chen et al., 2005 Gao, 1996 Gu et al., 2007

การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงใช้ข้อมูลดัชนีความแตกต่างความชื้น และข้อมูลดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ จากดาวเทียม Terra/Aqua ระบบ MODIS สะสมราย 7 วัน ที่ได้ทำการวิเคราะห์และประมวลผลจากข้อมูลรายวัน โดยสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (สทอภ.) เนื่องจากข้อมูลรายวันในบางพื้นที่ถูกบดบังด้วยกลุ่มเมฆจึงทำให้ไม่สามารถวัดค่า NDWI และ NDVI ได้ ข้อมูลในบริเวณนั้นจึงเกิดการขาดหายไป สทอภ. จึงวิเคราะห์และประมวลทั้งข้อมูลรายวัน และสะสมราย 7 วัน เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ต่อยอดในภารกิจที่เกี่ยวข้อง เกิดประโยชน์ต่อสังคมโดยรวมของประเทศ ซึ่งประโยชน์ในการติดตามสถานการณ์ต่างๆ เนื่องจากภาพถ่ายจากดาวเทียมระบบ MODIS มีแถบการถ่ายภาพที่กว้างครอบคลุมทั่วประเทศไทยได้ในการถ่ายเพียงครั้งเดียว รวมทั้งมีจำนวนแบนด์ถ่ายภาพจำนวนมากทำให้สามารถวิเคราะห์ได้หลายรูปแบบ โดยมีรายละเอียดข้อมูล 250 – 1,000 เมตร

3.3 คัดเลือกข้อมูลเพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลอง

การศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้ข้อมูล NDWI และ NDVI สะสมราย 7 วัน ระหว่างเดือนมกราคม – เดือนเมษายน พ.ศ. 2556 - 2558 ซึ่งเป็นข้อมูลจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) โดยการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาแบบจำลองคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์ แบ่งข้อมูลเป็น 2 ชุด คือ ข้อมูลในปี 2556 – 2557 เป็นข้อมูลสำหรับสร้างแบบจำลอง และข้อมูลในปี 2558 เป็นข้อมูลสำหรับทดสอบประสิทธิภาพและความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

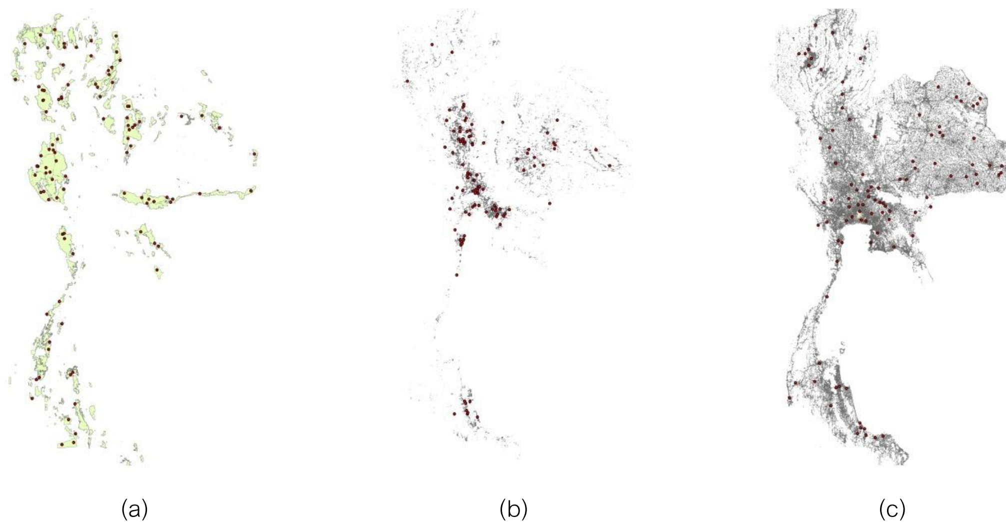
3.4 แบ่งพื้นที่ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า NDWI ในแต่ละพื้นที่

หลังจากรวบรวมข้อมูลแล้ว ผู้วิจัยทำการแบ่งพื้นที่ศึกษาตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use) เป็น 3 ลักษณะ คือ พื้นที่ป่า พื้นที่เมือง และพื้นที่ปลูกข้าว ในการแบ่งพื้นที่ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเปรียบเทียบความ

แตกต่างของค่า NDWI ในแต่ละลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อคัดเลือกพื้นที่ที่มีค่า NDWI ที่เหมาะสม สำหรับสร้างแบบจำลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้ข้อมูล Shape File ที่จัดทำโดยสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

3.5 สุ่มจุดเพื่อเก็บค่า NDWI และ NDVI ในแต่ละสัปดาห์ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ก่อนนำเข้าข้อมูล NDWI เพื่อสร้างแบบจำลอง ผู้วิจัยทำการสุ่มจุด (Random Point) 100 จุด ด้วยโปรแกรมทางด้านภูมิสารสนเทศ เพื่อเก็บค่า NDWI และ NDVI ในแต่ละสัปดาห์ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินละ เนื่องจากข้อมูล NDWI และ NDVI เป็นข้อมูลราสเตอร์ (Raster Data) จัดเก็บข้อมูลเป็นลักษณะตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสเล็กๆ (Grid or Pixel) เท่ากันและต่อเนื่องกัน มีค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์และข้อมูลในทุกๆ ตาราง ดังนั้นจึงต้องทำการสุ่มจุดเพื่อนำค่า NDWI และ NDVI มาใช้ในการวิเคราะห์ได้เร็วยิ่งขึ้น (รูปที่ 2)



(a) (b) (c)

รูปที่ 2 การสุ่มจุด 100 จุดตามพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (a) พื้นที่ป่า (b) พื้นที่ปลูกข้าว (c) พื้นที่เมือง

3.6 เก็บค่า NDWI และ NDVI เพื่อสร้างสมการและกราฟเปรียบความแตกต่างของค่า NDWI

ทำการเก็บข้อมูล NDWI และ NDVI สะสมราย 7 วัน ระหว่างเดือนมกราคม – เดือนเมษายน ในปี 2555 – 2557 เพื่อสร้างแบบจำลอง และปี 2558 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพและความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ด้วยโปรแกรมทางด้านภูมิสารสนเทศโดยใช้เครื่องมือ (Tool) Sample และใช้ค่า NDWI สร้างกราฟเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละพื้นที่ตามลักษณะการใช้โยชน์ที่ดิน โดยค่า NDWI ที่ใช้สำหรับสร้างกราฟเพื่อเปรียบความแตกต่างในแต่ละพื้นที่ ทำการหาค่าเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์ ซึ่งจะทำให้ได้ค่าเฉลี่ย NDWI ทั้งหมด 32 ค่า ในแต่ละพื้นที่ เพื่อใช้ในการสร้างกราฟ ส่วนการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์จะใช้ค่าข้อมูลจริงที่เก็บได้ทั้งหมดซึ่งคัดเลือกจากพื้นที่ที่มีความเหมาะสมจากผลของการสร้างกราฟ ซึ่งจะทำให้ได้ค่า NDWI และ NDVI อย่างละ 2,600 ค่า สำหรับสร้างสมการ

3.7 สร้างสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้สร้างแผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์

ข้อมูลทั้งหมดถูกนำมาสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อคาดการณ์การเกิดภัยแล้งด้วยค่า NDWI และ NDVI โดยเลือกพื้นที่ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เหมาะสมจากการสร้างกราฟ เพื่อใช้ค่าในพื้นที่ดังกล่าวสร้างสมการ โดยกำหนดให้ ค่า NDWI ที่ตัวแปรตาม และ ค่า NDVI เป็นตัวแปรอิสระ เนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้ใช้ค่า NDWI เป็นค่าที่บ่งชี้ถึงระดับความแห้งแล้งในพื้นที่

3.8 สร้างแผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์และใช้ภาษา Python ในการจัดการข้อมูลแบบอัตโนมัติ

เมื่อได้สมการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมเพื่อคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์แล้ว นำสมการมาทำการสร้างแผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์ในประเทศไทยด้วยโปรแกรมทางด้านภูมิสารสนเทศ จากนั้นเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Python เพื่อใช้ในการจัดการข้อมูลในส่วนของการนำเข้าข้อมูล NDVI และ NDWI ตามสมการ เพื่อคำนวณผล และจัดเก็บข้อมูลแบบอัตโนมัติ ส่งผลให้สามารถคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์แบบอัตโนมัติได้เมื่อข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงไปในทุกๆ 7 วัน

4. ผลการวิจัย

ในการศึกษานี้ได้ทำการสร้างกราฟเพื่อศึกษาแนวโน้มและเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูล NDWI ที่เก็บค่าได้จากการสุ่มจุด 100 จุด และหาค่าเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์ ตั้งแต่เดือนมกราคม – เดือนเมษายน ในปี 2556 – 2557 ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินซึ่งแยกเป็น 3 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ป่า พื้นที่ปลูกข้าว และพื้นที่เมือง

จากผลการสร้างกราฟเพื่อศึกษาแนวโน้มและเปรียบเทียบข้อมูล NDWI ราย 7 วัน ทั้ง 3 พื้นที่ พบว่าในแต่ละพื้นที่มีแนวโน้มของข้อมูลไปในทางเดียวกัน (รูปที่ 3) ผู้วิจัยจึงเลือกพื้นที่ป่า ใช้ในการสร้างสมการเพื่อสร้างเป็นแผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์ เนื่องจากพื้นที่ป่าเป็นพื้นที่ที่มีพืชพรรณปกคลุม จะทำให้ได้ค่า NDWI และ NDVI ที่แท้จริงซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการสร้างสมการ โดยใช้ค่า NDWI และ NDVI สร้างสมการ เพื่อหาค่า NDWI สำหรับใช้คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งเนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้ใช้ค่า NDWI เป็นค่าบ่งชี้ถึงระดับความแห้งแล้งในพื้นที่ เนื่องจาก NDWI เป็นดัชนีที่ใช้ในการตรวจสอบระดับความชื้นในดินหรือพืชพรรณ หากมีค่าสูงคือมีความชื้นมาก และหากมีค่าต่ำ คือมีความชื้นน้อย



รูปที่ 3 ข้อมูลค่าเฉลี่ย NDWI ราย 7 วัน เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างในพื้นที่ปลูกข้าว พื้นที่ป่า และพื้นที่เมือง เดือนมกราคม – เดือนเมษายน ปี 2556-2557

สำหรับการสร้างสมการเพื่อคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ใช้สมการถดถอยแบบอนุกรมเวลา (Time series Regression model) เนื่องจากค่า NDWI และ NDVI ซึ่งเป็นตัวแปรที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีความสัมพันธ์และแปรผันตรงกัน โดยตัวแปรตามที่ใช้คาดการณ์ คือ ค่า NDWI และตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลทำให้ตัวแปรตามเปลี่ยนค่าไป คือ ค่า NDVI และ NDWI ราย 7 วัน

ผลการสร้างสมการถดถอยแบบอนุกรมเวลา โดยใช้ค่า NDWI และ NDVI ราย 7 วัน ตั้งแต่เดือนมกราคม – เดือนเมษายน ในปี 2556 – 2557 เป็นข้อมูลสร้างสมการ (Training Data) และข้อมูลในปี 2558 เป็นข้อมูลทดสอบสมการ (Testing Data) ได้สมการ (2) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ระหว่างค่าคาดการณ์และค่าจริงเท่ากับ 0.4837

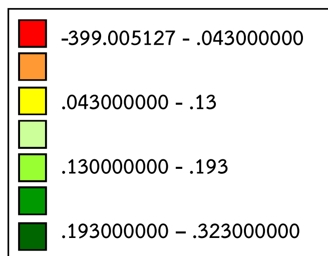
$$Ln(NDWI_t) = -1.88 + 2.06\ NDVI_t - 0.64\ NDVI_{t-1} + 0.36\ NDWI_{t-1} \quad (2)$$

โดยที่

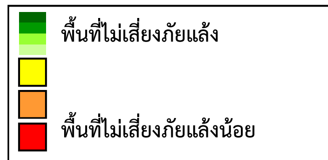
$NDWI_t$: ค่า NDWI ณ เวลา t

$NDVI_t$: ค่า NDVI ณ เวลา t

จากผลการสร้างสมการ เมื่อนำไปใช้ในการสร้างแผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งด้วยโปรแกรมทางด้านภูมิสารสนเทศ ทำให้ได้ค่า NDWI เพื่อคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์ ผู้วิจัยได้ทำการจัดกลุ่ม (Classified) โดยอ้างอิงการแบ่งชั้น (Class) ของค่า NDWI ตามการจัดทำแผนที่ข้อมูลดัชนีความแตกต่างความชื้น จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (รูปที่ 4) และแบ่งระดับพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งเป็น 4 ระดับได้แก่ พื้นที่ไม่เสี่ยงภัยแล้ง พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งน้อย พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งปานกลาง และพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งมาก (รูปที่ 5)

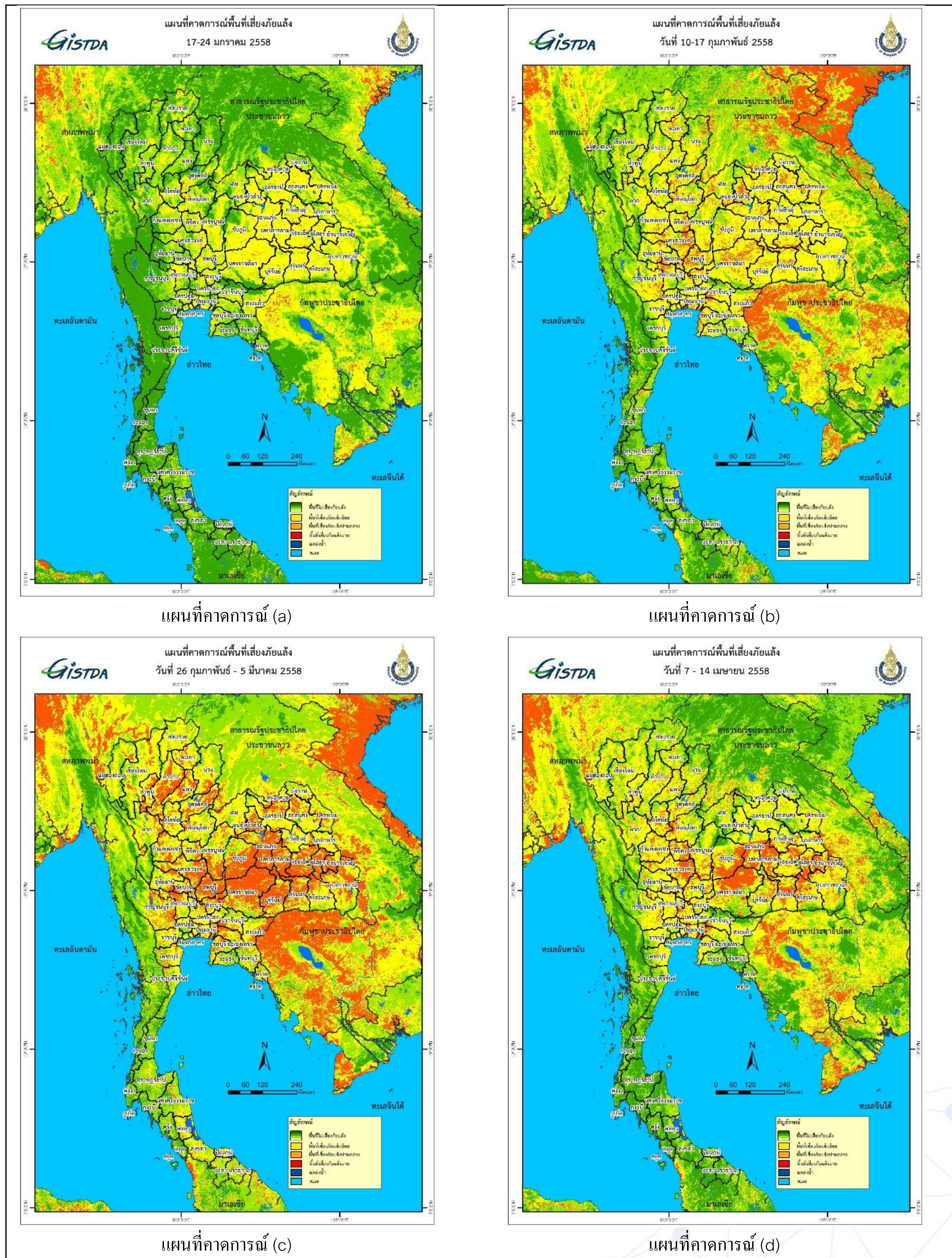


รูปที่ 4 การแบ่งชั้น (Class) ของค่า NDWI ที่คาดการณ์ได้



รูปที่ 5 การแบ่งระดับพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง

เมื่อทำการจัดกลุ่มและแบ่งชั้นของค่า NDWI ผู้วิจัยได้ทำการสร้างแผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์โดยสร้างแผนที่ในเดือนมกราคม – เดือนเมษายน 2558 เพื่อคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์ที่จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าว (รูปที่ 6)



รูปที่ 6 แผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์
(a) เดือนมกราคม (b) เดือนกุมภาพันธ์ (c) เดือนมีนาคม และ (d) เดือนเมษายน

จากการสร้างแผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์ ผู้วิจัยได้เขียนโปรแกรมภาษา Python เพื่อใช้ในการจัดการข้อมูลและสร้างแผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์แบบอัตโนมัติ โดยคำสั่งที่เขียนสามารถอ่านไฟล์ (File) ข้อมูล NDVI และ NDWI ราย 7 วัน ที่ผ่านประมวลผลและเก็บไว้ในแฟ้มข้อมูล (Folder) สำหรับใช้เป็นตัวแปรในสมการ เข้าสู่กระบวนการคำนวณข้อมูลราสเตอร์ (Raster Calculate) ที่ใส่สมการสำหรับสร้างแผนที่และบันทึกไฟล์ที่ได้เข้าสู่โฟลเดอร์ ได้อย่างอัตโนมัติ จากนั้นนำไฟล์ที่ได้มาทำการจัดกลุ่ม แบ่งชั้นตามค่าคะแนน แสดงระดับความเสี่ยงของภัยแล้งในแต่ละพื้นที่ และแสดงผลเป็นแผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์ล่วงหน้าสำหรับพื้นที่ในประเทศไทย

5. วิจารณ์ผลและสรุปผล

ข้อมูล NDWI ที่ได้จากการเก็บค่าด้วยการสุ่มจุด ในเดือนมกราคม – เดือนเมษายน ปี 2556-2557 ทั้ง 3 พื้นที่ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน และหาค่าเฉลี่ยเพื่อสร้างกราฟศึกษาแนวโน้มและเปรียบเทียบความแตกต่างนั้น ข้อมูลมีความสัมพันธ์กันและมีแนวโน้มทางเดียวกัน อาจมีบางช่วงเวลาที่คลาดดคลื่อนจากกันบ้าง ซึ่งเนื่องมาจากหลายสาเหตุ ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจนคือ พื้นที่ป่าซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีพืชพรรณปกคลุมตลอดทั้งปีจะมีความชื้นสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ และพื้นที่ปลูกข้าว ในฤดูแล้งจะมีตอซังข้าวซึ่งส่งผลให้ค่า NDWI มีค่าที่ต่ำ เป็นต้น แต่มีลักษณะของกราฟ และแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ผู้วิจัยจึงใช้ข้อมูลในพื้นที่ป่า ซึ่งทำให้ได้ค่าข้อมูลที่แท้จริงของ NDVI และ NDWI ในพื้นที่ ซึ่งข้อมูลทั้ง 2 มีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gu et al. (2007) ที่ได้ผลลัพธ์ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง NDVI, NDWI และสภาวะความแห้งแล้ง จึงใช้ข้อมูล NDVI และ NDWI ที่เก็บได้จากการสุ่มในพื้นที่ป่าเป็นตัวแทนของข้อมูลทั้งประเทศไทย ในการนำค่ามาสร้างสมการถดถอยแบบอนุกรมเวลา เพื่อใช้ในการสร้างแผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งล่วงหน้ารายสัปดาห์ ในประเทศไทยระหว่างเดือนมกราคม – เดือนเมษายน ซึ่งผลการสร้างสมการมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ระหว่างค่าคาดการณ์และค่าจริง เท่ากับ 0.4837 แต่ไม่สามารถคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในเดือนพฤษภาคม – เดือนธันวาคม และในประเทศเพื่อนบ้านที่ปรากฏในแผนที่ได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากไม่ได้มีการเก็บข้อมูลในช่วงเดือนดังกล่าว และข้อมูลของประเทศเพื่อนบ้านเพื่อศึกษาแนวโน้มและสร้างสมการเพื่อใช้สร้างแผนที่คาดการณ์ ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ทำให้เห็นถึงความสำคัญของการเก็บข้อมูลในระยะเวลายาวอย่างยิ่ง ซึ่งผลจากการศึกษานี้สามารถคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์ในช่วงเดือนที่จะเกิดภัยแล้งของประเทศไทยได้ โดยสามารถคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสัปดาห์ถัดไปได้จากข้อมูล NDVI สัปดาห์ปัจจุบัน และข้อมูล NDVI และ NDWI สัปดาห์ย้อนหลังได้อย่างอัตโนมัติโดยใช้ภาษา Python ในการจัดการและประมวลผลข้อมูล อย่างไรก็ตามการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ยังไม่มีการทดสอบความถูกต้องของการคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งกับข้อมูลความแห้งแล้งโดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝน หรือข้อมูลอุตินิยมวิทยาในด้านอื่นๆ มีเพียงแต่การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการสร้างแผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์

6. ข้อเสนอแนะ

สำหรับการศึกษาครั้งนี้ยังคงต้องการข้อมูลเพิ่มเติมอีกหลายตัวแปรที่ส่งผลต่อการเกิดภัยแล้ง และการทดสอบความถูกต้องของการคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งกับข้อมูลความแห้งแล้งโดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝน หรือข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในด้านอื่นๆ สำหรับทดสอบความถูกต้อง เพื่อพัฒนาการวิเคราะห์ข้อมูล สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และแผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งที่มีประสิทธิภาพและน่าเชื่อถือต่อไป อีกทั้งยังสามารถพัฒนาและเผยแพร่โดยใช้บริการ Web Map Service (WMS) ซึ่งจะส่งผลให้บุคคลที่สนใจ หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถเข้าถึงข้อมูลที่คาดการณ์ได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการให้ข้อมูล NDWI และ NDVI จากดาวเทียม Terra/Aqua ระบบ MODIS และข้อมูล Shape File การใช้ประโยชน์ที่ดิน อีกทั้งทรัพยากรต่างๆ ในการศึกษา ขอบคุณหลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี ที่เปิดหลักสูตรสหกิจศึกษาทำให้ผู้วิจัยได้มีโอกาสในการสหกิจศึกษากับสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) และใช้ความรู้พัฒนางานวิจัยในครั้งนี้ โครงการนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี ปีงบประมาณ 2558

เอกสารอ้างอิง

กอร์. (2549). โลกร้อนความจริงที่ไม่มีใครอยากฟัง. แปลจาก **AN INCONVENIENT TRUTH**. โดย คุณากร วาณิชย์วิรุฬห์. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มติชน.

สิตาวีร์ ธีรวิรุฬห์. (2558). การแก้ไขปัญหาภัยแล้งอย่างยั่งยืน. **บทความวิชาการสำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร**, 2-3.

สุรพันธ์ สันติยานนท์. (2548). การวิเคราะห์และเตือนภัยแล้งโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. **วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.** บัณฑิตวิทยาลัย.

Chen, D., Huang, J. and Jackson, T.J. (2005). **Vegetation water content estimation for corn and soybeans using spectral indices derived from MODIS near – and short wave infrared bands** [Electronic version]. Remote Sensing of Environment, 98, 225-236.

Gao, B-C. (1996). NDWI - **A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space** [Electronic version]. Remote Sensing of Environment, 58, 257-266.

Gu, Y., Brown, J.F., Verdin, J.P. and Wardlow, B. (2007). **A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States** [Electronic version]. Geophysical Research Letters, 34, L06407.

Huete, A.R., Didan, K., Miura, T., Rodriguea, E.P., Gao, X. and Ferreira, L.G. (2002). **Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices** [Electronic version]. Remote Sensing of Environment, 83, 195-213.

Kogan, F.N. (1995). **Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polarorbiting satellite data** [Electronic version]. Bulletin of the American Meteorogical Society, 76(5), 655-668.

Shakya N. and Yamaguchi Y. (2007). **Drought monitoring using vegetation and LST indices in Nepal and Northeastern India.** ACRS 2007 Proceedings, (Paper No.285) 12-16 November 2007 Kuala Lumpur, Malaysia.

Volcani, A., Karnieli. A. and Svoray, T. (2005). **The use of remote sensing and GIS for spatio-temporal analysis of the physiological state of a semiarid forest with respect to drought years** [Electronic version]. Forest Ecology and Management, 215, 239-250.

การติดตามสถานการณ์หมอกควันในภาคเหนือด้วยแผนที่บันทึกเหตุการณ์

The haze monitoring in north region with timeline map

เต็ม ศรีเมฆ และ ประภาส เขื่อนแก้ว

Tem Srimek and Prapas Kuenkaew

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (เหมืองแม่เมาะ)

801 หมู่ 6 ต.แม่เมาะ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง 52220

โทรศัพท์ 054-254355, 054-254493 โทรสาร 054-254163 e-mail: tem.s@egat.co.th,prapas.ku@egat.co.th

บทคัดย่อ

สถานการณ์หมอกควันไฟป่าและการเผาเศษวัสดุทางการเกษตรในภาคเหนือ ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงฤดูแล้งเดือนมกราคมถึงเมษายนของทุกปี ทำให้หน่วยงานราชการต้องมีมาตรการและวางแผนป้องกันปัญหาดังกล่าวจนเกิดโครงการ 100 วัน อันตรายขึ้นในภาคเหนือ เพื่อ ลด ละ การเผาไหม้

การนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการติดตามเหตุการณ์ จะได้แผนที่ที่สามารถแสดงให้เห็นจุดที่ตรวจพบความร้อนในภาคเหนือและพื้นที่ใกล้เคียงแบบรายวัน และยังแสดงถึงข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศโดยกรมควบคุมมลพิษในจังหวัดต่าง ๆ ในภาคเหนือ และจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของ กฟผ. ในอำเภอแม่เมาะแบบรายวันเช่นกัน แผนที่บันทึกเหตุการณ์นี้สะดวกในการใช้งานมาก ทำให้ผู้ใช้งานสามารถติดตามสถานการณ์ รายงานผลในรูปแบบแผนที่ ตาราง และกราฟที่ง่ายในการทำความเข้าใจต่อชุมชน ทำให้เกิดการเรียนรู้อันตรายที่เกิดขึ้นในสภาวะแวดล้อม เข้ามามีส่วนร่วมในการดูแลไฟป่าและช่วยอธิบายสถานการณ์ สนับสนุนข้อมูลในการวางแผนจัดการไฟป่าและหมอกควันได้เป็นอย่างดี

บทความนี้ยังแสดงให้เห็นถึงประโยชน์จากการใช้ข้อมูลร่วมกัน มีการจัดทำฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ข้อมูลจุดความร้อนที่ได้จากเว็บไซด์เผยแพร่ข้อมูลโดยนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ด้วยการนำมาบูรณาการกับข้อมูลตรวจวัดของกรมควบคุมมลพิษ ข้อมูลทิศทางลมของ กฟผ.

กฟผ.เหมืองแม่เมาะเป็นหน่วยงานที่มีโครงการด้านสิ่งแวดล้อมร่วมกับชุมชนโดยรอบพื้นที่ จึงต้องการประชาสัมพันธ์สร้างความเข้าใจกับชุมชนเพื่อให้ชุมชนเข้าใจถึงสาเหตุหมอกควันในภาคเหนือ แผนที่บันทึกเหตุการณ์จึงเป็นเครื่องมือที่สามารถนำมาใช้ในการสร้างความเชื่อมั่นและไว้วางใจของชุมชน ในการร่วมมือจัดการสิ่งแวดล้อมของเหมืองแม่เมาะ

คำสำคัญ: ไฟป่า, กฟผ. เหมืองแม่เมาะ, แผนที่บันทึกเหตุการณ์

Abstract

The smog situation, including agricultural residues burning in north region is more severe in the dry season (January-April) each year. So the government has to implement a set of measures to solve the haze problem, which include the campaign to dissuade locals from all burning activities called 100-day resolution banning burning.

Geographics information system now could be displayed hotspot in the north region on a daily basis. It also shows the data of air quality monitoring by Pollution Control Department (PCD) in various provinces around the north region and data from the EGAT's station in Mae Moh on a daily basis as well. This timeline map is ease of use and users could monitor and report the haze situation in map, tables and graph which is easy to

deliver knowledge and understanding to the local people in order to encourage them to participate in the prevention of wildfire. Also this could help to explain the situation, support information for planning and manage wildfire and haze pollution.

This paper also demonstrates the benefits of information sharing. Due to spatial database on published website. We could be used by integrated it with measurement data of the PCD, together with the surface wind information from EGAT.

EGAT Mae Moh mine has environmental projects with surrounding communities. We would like to promote and make communities understand the causes of haze in north region. So timeline map is a tool that could be used for these objectives.

Keywords: wildfire, EGAT Mae Moh Mine, timeline map

1. บทนำ

หมอกควัน หมายถึง การสะสมของควันหรือฝุ่นในอากาศ ส่วนใหญ่เกิดจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและไฟป่า หมอกควันจัดเป็นมลพิษทางอากาศอย่างหนึ่งในบรรดาสารต่าง ๆ ที่ปะปนอยู่ในอากาศ ประกอบ ด้วยฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM-10) ซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน ความเป็นอันตรายของฝุ่นละอองต่อสุขภาพขึ้นอยู่กับขนาดของฝุ่นละออง ความเข้มข้น และระยะเวลาที่สัมผัส รวมทั้งสภาพร่างกายของผู้รับแต่ละคนด้วย

พื้นที่ภาคเหนือโดยเฉพาะจังหวัดลำปาง มีลักษณะภูมิประเทศเป็นแอ่งกระทะ เมื่อเกิดการสะสมของมลพิษประจวบกับความกดอากาศสูงหรือมวลอากาศเย็นค่อนข้างแรงจากประเทศจีนแผ่ลงมาปกคลุม อุณหภูมิและความชื้นทำให้เกิดหมอกในตอนเช้า เมื่อหยดน้ำในอากาศรวมตัวกับฝุ่นละอองและสารพิษในอากาศ จึงเกิดหมอกขึ้นทำให้เกิดสภาพฟ้าหลัวเหมือนมีหมอกควันปกคลุมไปทั้งเมือง การบุกรุกเผาทำลายป่าไม้เพื่อประโยชน์ของบุคคลและกลุ่มบุคคล และการเผาที่มีมากเกินไปจนควบคุมไม่ได้ ประกอบกับการเผาเศษวัสดุทางการเกษตรเพื่อเตรียมพื้นที่ในการทำการเกษตรในฤดูกาลต่อไป นอกจากนี้การเผาเพื่อกำจัดขยะบริเวณชานเมืองและในตัวเมืองก็มีส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดปัญหาหมอกควันดังกล่าว จึงจำเป็นต้องให้มีการรณรงค์และทำความรู้ความเข้าใจอย่างต่อเนื่อง ผลกระทบที่เกิดขึ้นโดยเฉพาะผลกระทบต่อสุขภาพที่มีปริมาณผู้ที่เป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจเพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับปริมาณมลพิษทางฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาในที่โล่งที่มีความเข้มข้นสูงและระยะเวลาสะสมในอากาศที่ยาวนาน สถานการณ์จะเลวร้ายขึ้นไปอีกหากไม่มีมาตรการและการดำเนินการที่ดีพอในการลดปัญหาหมอกควันที่เกิดขึ้น และอาจจะเป็นตัวทำลายการท่องเที่ยวและเศรษฐกิจของภาคเหนือ ตลอดจนส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนในพื้นที่

สถานการณ์ในปี พ.ศ. 2558 พื้นที่ จ.ลำปาง ทั้ง 13 อำเภอ พบจุดความร้อนสะสมจากการเกิดไฟไหม้ในพื้นที่จำนวน 799 จุด กระจายใน 13 อำเภอของ จ.ลำปาง โดยพบมากที่สุดในพื้นที่ อ.งาว อ.แจ้ห่ม และ อ.เมืองลำปาง โดยทั้งจังหวัดเกิดการเผาไหม้คิดเป็นพื้นที่เสียหายไปกว่า 1,812 ไร่ ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 มีปริมาณเกินค่ามาตรฐานจำนวน 32 วัน ในวันที่ 2 มีนาคม 2558 มีค่า PM-10 สูงสุด 282.77 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งจากสถิติจุดความร้อนที่พบในปีนี้ถือว่าน้อยลงกว่าปี พ.ศ. 2557 ที่พบจุดความร้อนมากถึง 955 จุด

จังหวัดลำปางยังคงเห็นความสำคัญของปัญหา ประกาศการแก้ไขปัญหาไฟป่าและหมอกควันเป็นวาระสำคัญของจังหวัดอย่างต่อเนื่อง โดยขอความร่วมมือคนลำปางทุกภาคส่วนช่วยประชาสัมพันธ์ สร้างความเข้าใจ คนลำปางร่วมใจ ไม่เผาป่า ลดปัญหาหมอกควัน

2. วัตถุประสงค์

2.1 เป็นเครื่องมือในการติดตามสถานการณ์หมอกควันในจังหวัดลำปางช่วงโครงการรณรงค์ “คนลำปางร่วมใจ ไม่เผาป่า ลดปัญหาหมอกควัน”

2.2 เพื่อให้หน่วยงานต่าง ๆ และบุคคลทั่วไป เข้าถึงข้อมูลภูมิสารสนเทศได้อย่างรวดเร็ว ทันเวลา และมีประสิทธิภาพ

2.3 เพื่อเพิ่มศักยภาพในการป้องกันปัญหาหมอกควันและไฟป่าอย่างยั่งยืน โดยบูรณาการข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง นำเสนอในรูปแบบที่เข้าถึงสะดวก ง่ายต่อการทำความเข้าใจ

ทั้งนี้เพื่อเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารในเชิงรุก กระตุ้นให้ประชาชนได้เกิดจิตสำนึก ตระหนักถึงปัญหาและผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากหมอกควันไฟป่า และเพื่อที่จะช่วยเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ลดการเผาป่าของชาวบ้านในชุมชนท้องถิ่น อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมให้ภาคประชาชนได้เข้ามามีส่วนร่วม และให้ความร่วมมือในการดำเนินกิจกรรมของภาครัฐ ด้วยการหยุดเผาป่ารวมถึงในที่โล่งแจ้งทุกชนิด ซึ่งจะทำให้ทุกภาคส่วนได้มีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมร่วมกันอย่างเป็นระบบ ตามบทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละภาคส่วน อันจะนำไปสู่การแก้ไขปัญหาได้อย่างยั่งยืน

3. วิธีการวิจัย

ขอบเขตพื้นที่ในการทำวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ขอบเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนบน และจะมีรายละเอียดมากที่จังหวัดลำปาง ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยได้ทำการรวบรวมจากแหล่งข้อมูลที่มีเผยแพร่ทางอินเตอร์เน็ต จากหน่วยงานที่เป็นที่ยอมรับและได้ถูกนำไปใช้ในหน่วยงานราชการในการใช้รายงานคุณภาพอากาศ การแสดงผลข้อมูลใช้หลักการการเกิดตามช่วง เวลา (Timeline) ขั้นตอนในการทำวิจัยมีดังนี้

3.1 รวบรวมข้อมูล ข้อมูลสำคัญที่ใช้เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลตรวจวัดคุณภาพอากาศ มีดังนี้

3.1.1 ข้อมูลเชิงพื้นที่เป็นข้อมูลขอบเขตการปกครองจังหวัดของประเทศไทย แสดงขอบเขตการปกครองอำเภอเฉพาะในจังหวัดลำปางจากเว็บไซต์ http://www.diva-gis.org/gdata

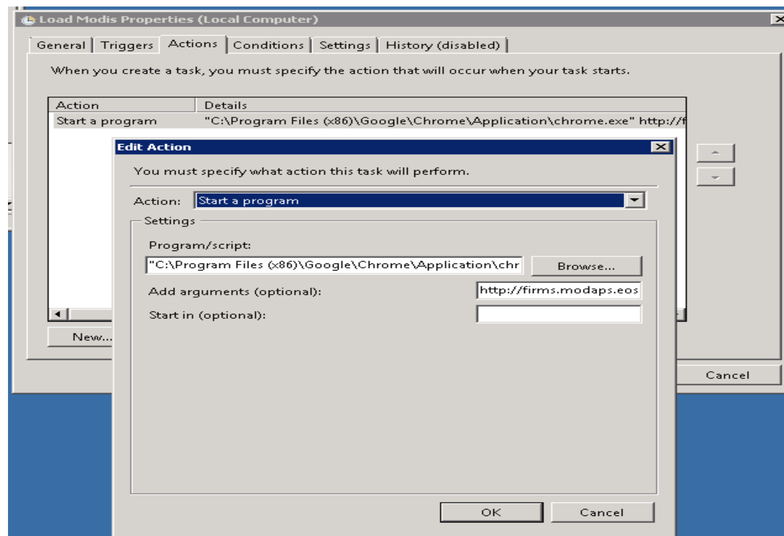
3.1.2 ข้อมูลจุดความร้อน (hotspot) ในภาคเหนือและพื้นที่ใกล้เคียงแบบรายวันจากเว็บไซต์ที่เผยแพร่ข้อมูลโดยใช้ดาวเทียม Terra และ Aqua ทำการสำรวจด้วยวิธี MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) สามารถทำการดาวน์โหลดข้อมูลโดยเลือกพื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ราย 24 ชั่วโมงที่เว็บไซต์ https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/active-fire/

3.1.3 ข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศ ปริมาณฝุ่นขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) จากสถานีตรวจวัดของกรมควบคุมมลพิษในพื้นที่จังหวัดภาคเหนือตอนบน จำนวน 12 สถานี จาก http://www.aqmthai.com /public_report.php

3.1.4 ข้อมูลทิศทางลมและความเร็วลม ระดับสูง 10 เมตร ในพื้นที่อำเภอแม่เมาะ จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ กฟผ.แม่เมาะ จำนวน 11 สถานี

3.2 การจัดทำฐานข้อมูล เครื่องมือที่ใช้จัดทำฐานข้อมูลได้แก่ โปรแกรม PostgreSQL เป็นโปรแกรมประเภท รหัสเปิด (Open-Source) ซึ่งสามารถจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ด้วย ในที่นี้ใช้จัดการข้อมูลจุดความร้อน ส่วนข้อมูลคุณภาพอากาศมีระบบฐานข้อมูลอยู่แล้วได้แก่โปรแกรม MS-SQL 2005 และ MySQL เนื่องจาก กฟผ. แม่เมาะมีการตรวจวัดด้านสิ่งแวดล้อม เช่นข้อมูลทิศทางลมและความเร็วลม ซึ่งได้นำมาใช้ในงานวิจัยด้วยการจัดการข้อมูลจุดความร้อนและข้อมูลตรวจวัดฝุ่นขนาดเล็ก จากกรมควบคุมมลพิษฯ มีการจัดการดังนี้

3.2.1 ข้อมูลจุดความร้อน ทุก ๆ วันจะมีการดาวน์โหลดข้อมูลจากเว็บไซต์ดังกล่าวข้างต้น และทำการจัดเก็บสู่ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ ในขั้นตอนนี้จะเขียนสคริป (Script) คำสั่งให้มีการทำงานแบบอัตโนมัติผ่านโปรแกรมเสริมของวินโดว์ชื่อ Task Scheduler ประกอบด้วยสองสคริปคำสั่งคือ คำสั่งดาวน์โหลดจากเว็บไซต์ และคำสั่งรันแบ็ชไฟล์ ทำหน้าที่นำข้อมูลที่ได้จากการดาวน์โหลดบันทึกสู่ฐานข้อมูล โดยตั้งเวลาให้ทำการทุกวัน เวลา 7 โมงเช้าทำให้ได้ข้อมูลจุดความร้อนในวันที่ผ่านมา



รูปที่ 1 สคริปคำสั่งในโปรแกรม Task Scheduler

hotspot.bat - Notepad

File Edit Format View Help

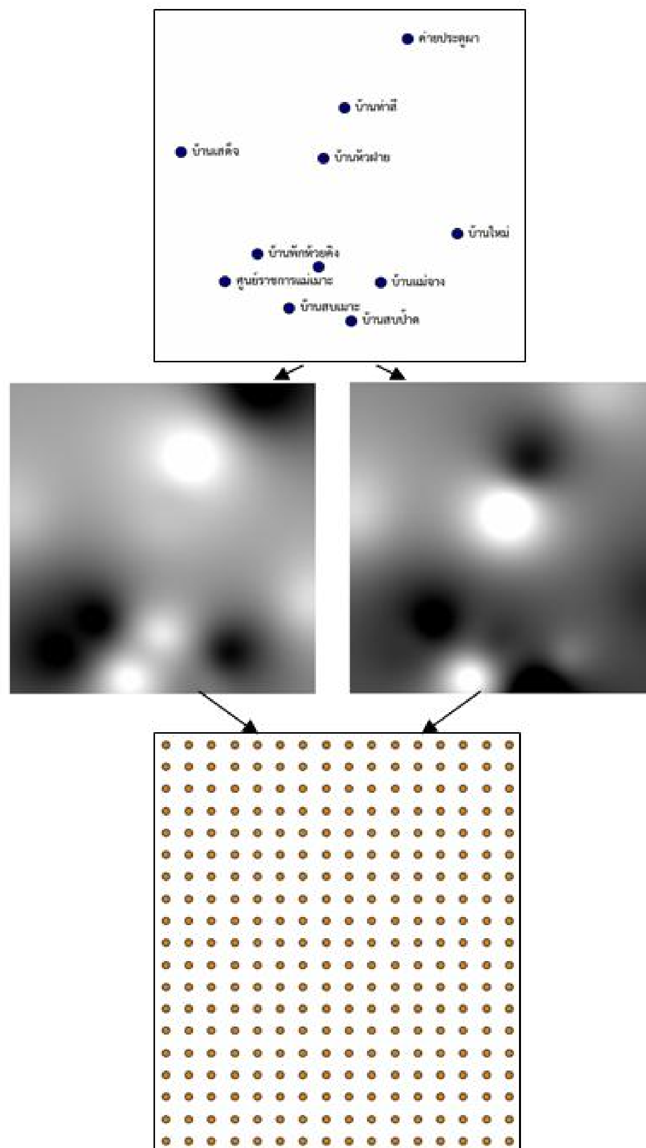
```
@Echo on
C:
Move C:\Users\Administrator\Downloads\SouthEast_Asia_24h.zip D:\modisdata
C:
cd\Program Files\7-zip
7z x D:\modisdata\SouthEast_Asia_24h.zip
move SouthEast_Asia_24h.* D:\modisdata
cd\Program Files\PostgreSQL\9.2\bin
shp2pgsql -s 4326 D:/modisdata/SouthEast_Asia_24h.shp dummy > modis.sql
psql -h localhost -d modisdb -U postgres -f deldummy.sql
psql -h localhost -d modisdb -U postgres -f modis.sql
psql -h localhost -d modisdb -U postgres -f inserthotspot.sql
move d:\modisdata\SouthEast_Asia_24h.zip d:\modisdata\zipdata
del d:\modisdata\SouthEast_Asia_24h.*
```

รูปที่ 2 คำสั่งรันสคริปแบ็ชไฟล์

3.2.2 ข้อมูลคุณภาพอากาศจากกรมควบคุมมลพิษฯ ผู้ดูแลระบบฐานข้อมูล กฟผ. แม่เมาะ จะนำข้อมูลจากการรายงานข้อมูลผ่านเว็บไซต์ดังกล่าวข้างต้นทำการบันทึกสู่ฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อม กฟผ. แม่เมาะ โดยจะต้องทำการเลือกสถานี วันที่ต้องการข้อมูล เริ่มต้นและสิ้นสุด ทีละสถานีจนได้ข้อมูลที่ต้องการจำนวน 12 สถานี เนื่องจากกรมควบคุมมลพิษฯ ไม่ได้เผยแพร่ข้อมูลตรวจวัดในรูปแบบไฟล์ข้อมูลเช่นข้อมูลจุดความร้อน จึงไม่สามารถใช้วิธีการทำงานแบบอัตโนมัติได้

รูปที่ 3 หน้าเว็บไซต์รายงานคุณภาพอากาศโดยกรมควบคุมมลพิษ

3.2.3 การจัดทำข้อมูลทิศทางลม โปรแกรมที่ใช้ในการจัดทำข้อมูลทิศทางลมคือ Quantum GIS : QGIS ข้อมูลทิศทางลมจะนำมาจากฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อม กฟผ. แม่เมาะ โดยมีค่าตรวจวัดเป็นรายชั่วโมงจะได้ 24 ชั้นข้อมูลใน 1 วัน จากสถานีตรวจวัด 11 สถานี โปรแกรม QGIS จะทำการสร้างค่ากริดทิศทางลม และ ค่ากริดความเร็วลม โดยวิธีการประมาณค่า Interpolation แบบ IDW : inverse distance weighted เมื่อได้ค่ากริดทั้งสองแล้วให้ฟังก์ชั่นของโปรแกรม QGIS ชื่อ Add grid value to point นำเข้าค่ากริดทิศทางลมและความเร็วลมให้กับชั้นข้อมูลจุดที่เป็นแบบตารางกริด จากนั้นจึงนำเข้าฐานข้อมูลเชิงพื้นที่โดยระบุชื่อเป็นวันที่และเวลาของข้อมูลทิศทางลมนั้น ๆ ดูรูปประกอบ

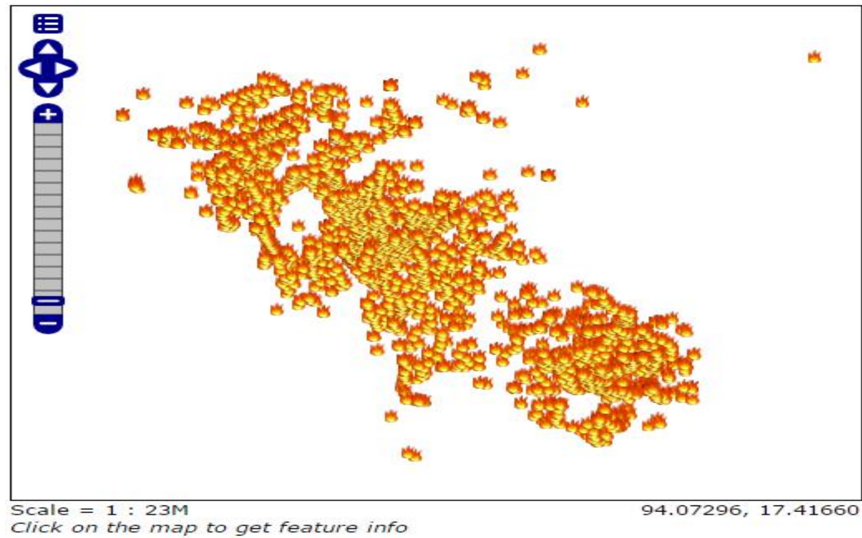


รูปที่ 4 นำเข้าค่ากริดทิศทางลมและความเร็วลมให้กับชั้นข้อมูลจุด

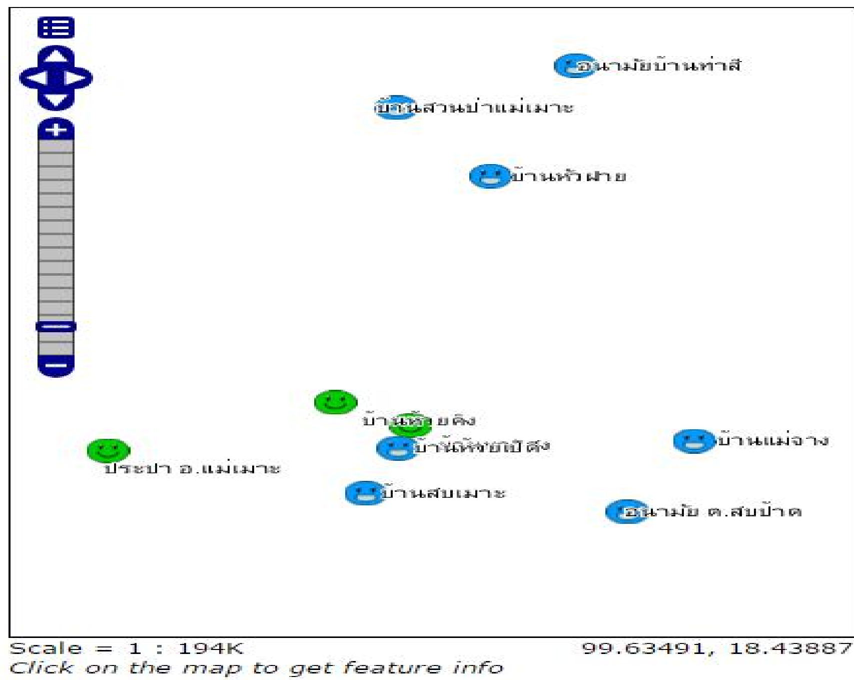
3.3 การจัดทำชั้นข้อมูลแผนที่ผ่านระบบเครือข่าย Web Map Service ขั้นตอนนี้จะต้องนำข้อมูลที่จัดเก็บในฐานข้อมูลเชิงพื้นที่มาจัดทำชั้นข้อมูลเพื่อให้สามารถนำไปใช้งานผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต หรือ Web Map Service:WMS เครื่องมือที่ใช้จัดทำได้แก่ โปรแกรม Geoserver 2.xx เป็นโปรแกรมรหัสเปิดสามารถดาวน์โหลดใช้งานได้ฟรี มีขั้นตอนดังนี้

3.3.1 ทำรูปแบบการแสดงผลชั้นข้อมูล Geoserver-Style เป็นการกำหนดรูปแบบการแสดงผลให้กับชั้นข้อมูล (Layer) ที่เป็นแบบจุด เส้น หรือ โพลิกอน การใช้สัญลักษณ์และสีหรือรูปกราฟฟิกแทนข้อมูล การกำหนดให้แสดงข้อความมาตราส่วนที่ต้องการให้แสดงหรือไม่แสดง

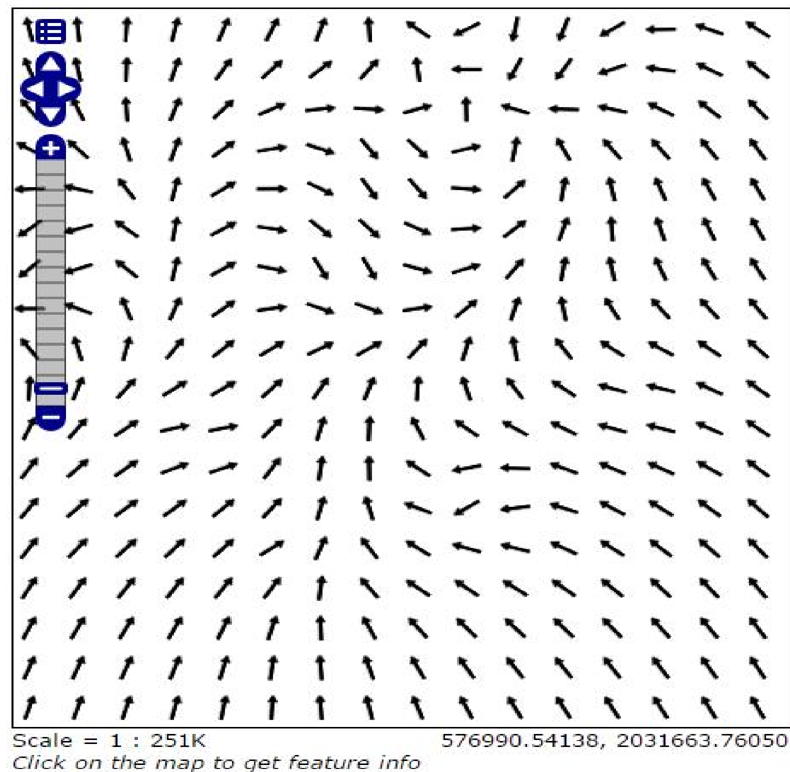
3.3.2 ทำชั้นข้อมูล Geoserver-Layer เพื่อทำการเผยแพร่ผ่านระบบเครือข่าย ซึ่งต้องกำหนดคุณสมบัติให้กับชั้นข้อมูลที่จัดเก็บในฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ PostgreSQL ต่าง ๆ เช่นระบบพิกัดและชื่อ Style ให้กับชั้นข้อมูลด้วย ดังตัวอย่างรูปด้านล่าง



รูปที่ 5 ชั้นข้อมูลจุดความร้อน



รูปที่ 6 ชั้นข้อมูลฝุ่นขนาดเล็กสัญลักษณ์สีตามมาตรฐานดัชนีคุณภาพอากาศ (AQI)



รูปที่ 7 ชั้นข้อมูลทิศทางลมในพื้นที่ กฟผ.แม่เมาะ

3.4 การจัดทำเว็บไซด์แผนที่บันทึกเหตุการณ์ Map Timeline ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการนำเอาชั้นข้อมูลที่จัดเตรียมมาแสดงเป็นภาพแผนที่ผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต Web Map Application เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบแผนที่มีดังนี้

3.4.1 AppServ เวอร์ชั่น 2.5.10 โปรแกรมที่รวบรวมเอา Open Source Software หลาย ๆ อย่างมาใช้งานร่วมกันโดยมี Package หลักคือ โปรแกรม Apache, PHP, MySQL และ phpMyAdmin โปรแกรมที่ใช้ในการบริการผ่านเครือข่ายหรือ Web Service คือ โปรแกรม Apache

3.4.2 ภาษาพัฒนาเว็บไซด์ html : Hypertext Markup Language ปัจจุบันเป็นเวอร์ชั่น 5 มีการเพิ่มเติมคำสั่งการจัดแบ่งหน้าจอได้ดีกว่าเวอร์ชั่นเดิม

3.4.3 ภาษาพัฒนาเว็บไซด์ PHP Hypertext Preprocessor หรือชื่อเดิม Personal Home Page เวอร์ชั่น 5.2x เป็นภาษาที่มีความสามารถในการเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูลได้หลากหลายประเภท

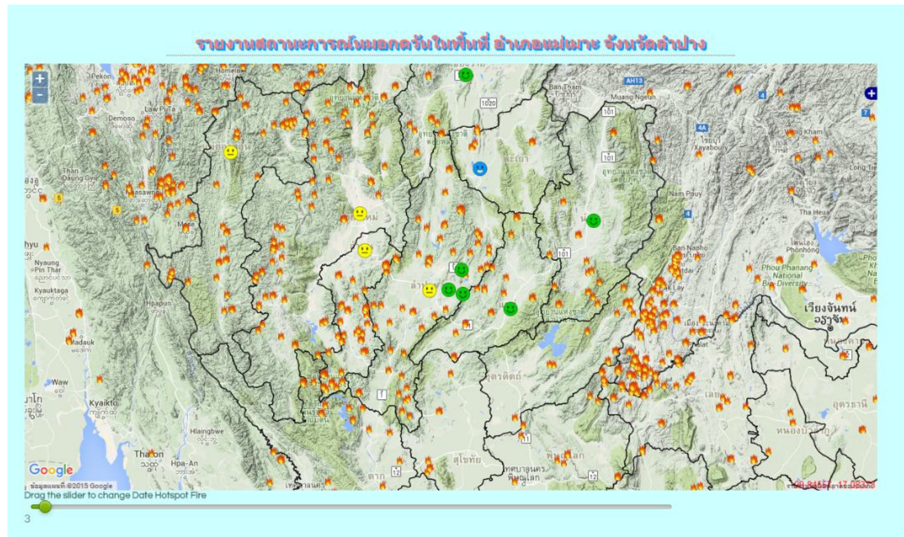
3.4.4 ภาษาพัฒนาเว็บไซด์ JavaScript Openlayers API เวอร์ชั่น 2.xxx ในการพัฒนาโปรแกรมบริการด้านแผนที่ผ่านเว็บนั้น ถ้าเราต้องการนำข้อมูลแผนที่จากหลาย ๆ แหล่ง เช่น Google Maps, Bing, Yahoo มาเป็นพื้นหลังของแผนที่เรา เราสามารถใช้โปรแกรม Openlayers ในการพัฒนาต่อยอดเพื่อเพิ่มความสามารถของโปรแกรมเราได้ ซึ่งในโปรแกรม Openlayers นั้นจะมีตัวอย่างค่อนข้างจะครบถ้วน ทั้งจากการเรียกข้อมูล Google Maps มาเป็นพื้นหลังหรือข้อมูลแผนที่อื่น ๆ และการกำหนดตำแหน่งบนแผนที่ ซึ่งผู้พัฒนาสามารถเพิ่มความสามารถของโปรแกรมได้ตามที่ต้องการ

4. ผลการวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย

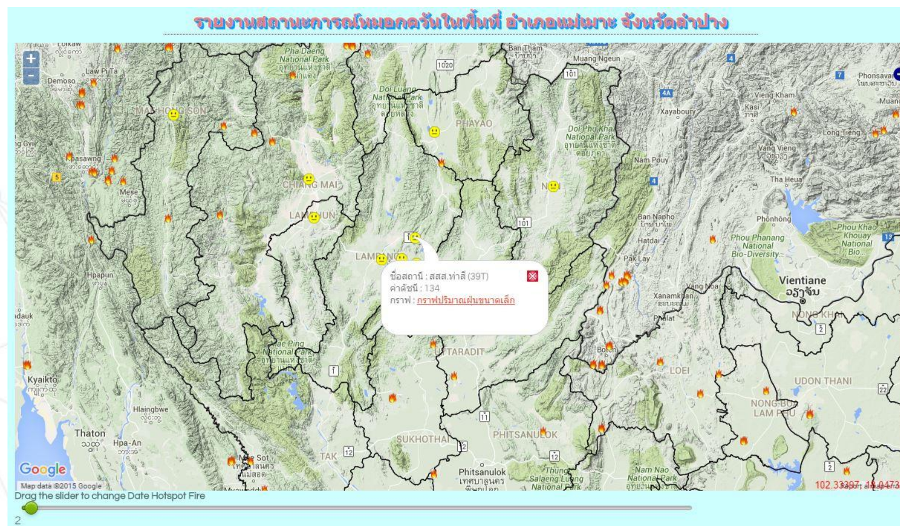
1. ข้อมูลจุดความร้อน (hotspots) ในภาคเหนือและพื้นที่ใกล้เคียง แบบรายวัน
2. ข้อมูลตรวจวัดคุณภาพอากาศ (AQI) ปริมาณฝุ่นขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM-10) แบบรายวัน จากสถานีตรวจวัดกรมควบคุมมลพิษในพื้นที่จังหวัดภาคเหนือตอนบน จำนวน 12 สถานี
3. ข้อมูลทิศทางลม ความเร็วลม ระดับสูง 10 เมตร ในพื้นที่อำเภอแม่เมาะแบบรายวัน จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศกฟผ.แม่เมาะ จำนวน 11 สถานี

แผนที่บันทึกเหตุการณ์สร้างขึ้นโดยนำข้อมูลข้างต้น มาแสดงผลร่วมกันบนแผนที่ แสดงข้อมูลรายวัน มีจุดเด่นที่ผู้ใช้สามารถเลื่อนสไลด์บาร์ด้านล่าง ซึ่งคือระบุวัน ข้อมูลที่ปรากฏบนแผนที่จะเปลี่ยนแปลงตามการเลือกวัน ของผู้ใช้งาน



รูปที่ 8 การแสดงผลข้อมูลจุดความร้อน (hotspots) วันที่ 3 มีนาคม 2558

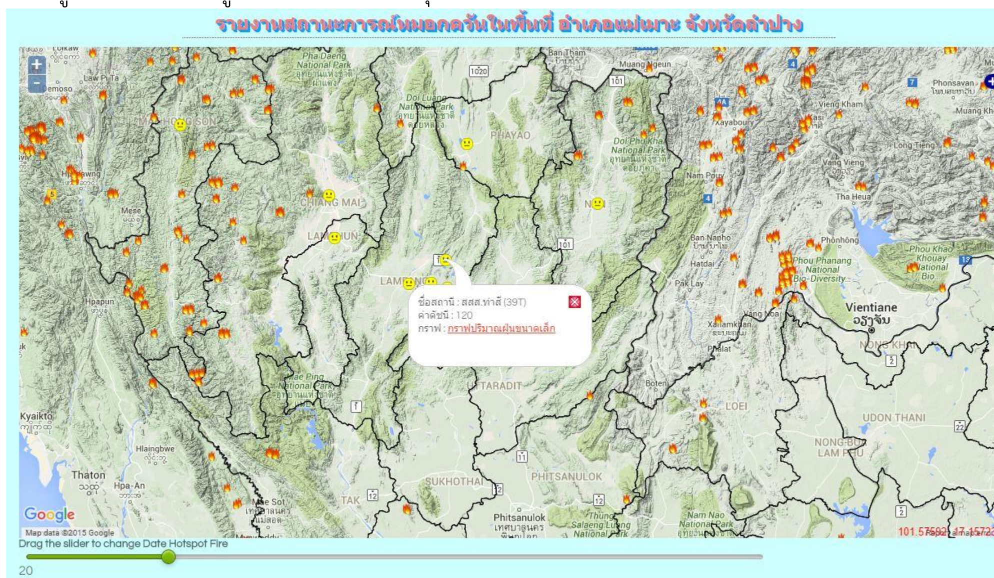
เมื่อคลิกที่จุดแสดงตำแหน่งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ จะแสดงชื่อสถานีและข้อมูลค่าดัชนีคุณภาพอากาศ และมีลิงค์เพื่อเลือกแสดงผลในรูปกราฟ ของค่าตรวจวัด ณ สถานีตรวจวัดนั้น ระหว่างวันที่เริ่มโครงการรณรงค์จนถึงวันสิ้นสุด



รูป 9 แสดงข้อมูลจุดความร้อน (hotspots) วันที่ 2 มีนาคม 2558 และ AQI ณ สถานีบ้านท่าสี



รูปที่ 10 แสดงข้อมูลผลตรวจวัดปริมาณฝุ่นขนาดเล็ก PM-10 วันที่ 2 มีนาคม 2558 ณ สถานีบ้านท่าสี



รูปที่ 11 แสดงข้อมูลจุดความร้อน (hotspots) วันที่ 20 มีนาคม 2558

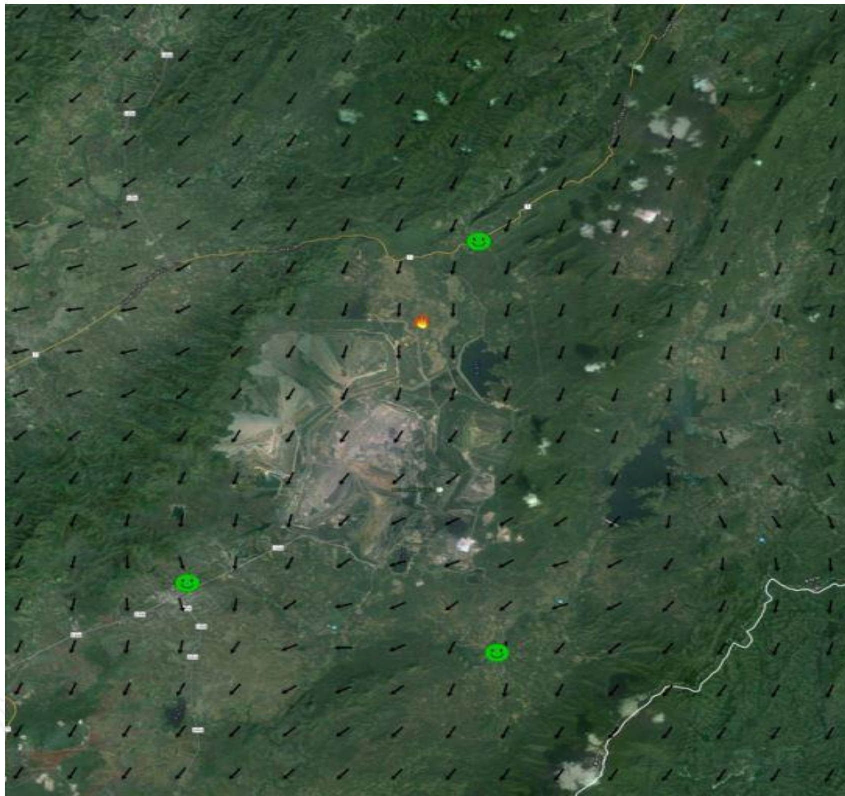


รูป 12 แสดงกราฟข้อมูลผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นขนาดเล็ก

ตารางแสดงจุดตรวจพบความร้อนรายวันของแต่ละอำเภอในจังหวัดลำปาง

วันที่	แจ้ห่ม	ห้างฉัตร	เกาะคา	แม่เมาะ	แม่ทะ	แม่พริก	เมืองลำปาง	เมืองปาน	งาว	เสริมงาม	สบปราบ	เถิน	วังเหนือ
01-Mar	1	1	0	0	2	0	2	2	2	2	0	8	1
03-Mar	10	4	3	4	2	3	6	2	6	5	1	9	3
04-Mar	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0
05-Mar	10	0	0	9	6	4	5	5	10	7	2	19	2
06-Mar	2	0	0	5	3	0	0	0	2	1	1	4	3
07-Mar	0	0	0	3	3	1	1	2	3	0	0	2	0
08-Mar	11	3	1	2	2	0	1	2	6	2	0	4	3
09-Mar	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
10-Mar	4	2	0	1	0	0	1	1	3	1	1	4	2
11-Mar	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
12-Mar	1	2	1	2	0	3	3	4	2	0	1	2	6
13-Mar	3	0	0	0	0	0	3	1	2	0	0	0	0
14-Mar	2	6	3	4	0	8	6	2	4	4	2	7	3
15-Mar	9	3	0	1	0	1	3	1	2	2	4	9	0
16-Mar	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
17-Mar	5	1	1	0	0	2	1	1	9	1	0	1	2
18-Mar	0	0	0	0	1	0	0	0	5	0	0	0	0
19-Mar	4	2	0	2	0	1	1	6	6	2	1	2	2
21-Mar	0	3	0	1	0	1	2	2	3	0	0	1	0
22-Mar	1	0	0	1	0	0	0	1	4	0	0	0	0
23-Mar	4	0	0	0	0	2	0	2	1	0	0	0	0
28-Mar	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
29-Mar	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
30-Mar	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31-Mar	0	1	1	0	0	0	0	0	3	0	0	2	0

รูปที่ 13 ภาพแสดงจำนวน hotspots ที่ตรวจพบ เดือนมีนาคม 2558 ในแต่ละอำเภอ จ.ลำปาง



รูปที่ 14 ข้อมูลทิศทางลม ความเร็วลม ระดับสูง 10 เมตร

5. สรุปผล

แผนที่บันทึกเหตุการณ์แสดงการเปลี่ยนแปลงข้อมูลรายวันบนแผนที่ โดยมีข้อมูลข้อมูลจุดความร้อน(hotspots) ในภาคเหนือและพื้นที่ใกล้เคียง ข้อมูลตรวจวัดคุณภาพอากาศ (AQI) ปริมาณฝุ่นขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM-10) จากสถานีตรวจวัดกรมควบคุมมลพิษในพื้นที่จังหวัดภาคเหนือตอนบน ข้อมูลทิศทางลม ความเร็วลม ระดับสูง 10 เมตร ในพื้นที่อำเภอแม่เมาะ จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ กฟผ.แม่เมาะ และแสดงผลในรูปแบบกราฟและตารางประกอบ สามารถดาวน์โหลดข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์ เผยแพร่ข่าวสารต่อไป เพื่อประโยชน์ในการมีส่วนร่วมจากทุกภาคส่วนในโครงการรณรงค์ คนลำปางร่วมใจ ไม่เผาป่า ลดปัญหาหมอกควัน

6. ข้อเสนอแนะ

1. การเผยแพร่ข้อมูลปัญหาหมอกควันในพื้นที่จังหวัดลำปาง ควรผลักดันแผนงานด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ บรรจุในแผนพัฒนาจังหวัด/กลุ่มจังหวัด
2. เพิ่มช่องทางการรายงานข้อมูลให้กับหน่วยงานระดับพื้นที่
3. ติดตามผลการใช้ข้อมูลจากแผนที่บันทึกเหตุการณ์ในการดำเนินงานป้องกันและแก้ไขปัญหาหมอกควัน ปี 2559 ตลอดจนวิเคราะห์และประเมินความสำเร็จ ปัญหาอุปสรรค จุดอ่อน จุดแข็ง รวมทั้งแนวทางการปรับปรุงการดำเนินงานในการป้องกันและแก้ไขปัญหาหมอกควันของจังหวัดในปีต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2558). **รายงานสถานการณ์หมอกควันภาคเหนือ (ย้อนหลัง)**. สืบค้นเมื่อ 16 ธันวาคม 2558. จาก: http://aqnis.pcd.go.th/northhaze.

ณัฐชยา อุ่นทองดี. (2556). **การมีส่วนร่วมของประชาชนในการป้องกันและแก้ไขมลพิษทางอากาศจากหมอกควันในจังหวัดแม่ฮ่องสอน** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒน บริหารศาสตร์.

แนวหน้า. (2558). **ลำปางบูรณาการป้องกันไฟป่า-หมอกควัน**. สืบค้นเมื่อ 16 ธันวาคม 2558. จาก: http://www.naewna.com/local/190259.

พิลาสลักษณ์ ชุ่มตา. (2555). **ทัศนคติของประชาชนต่อนโยบายการจัดการปัญหาหมอกควันของจังหวัดลำปาง.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

โพสต์ทูเดย์. (2558). **ลำปางปิดศูนย์แก้ไฟป่าหมอกควัน**. สืบค้นเมื่อ 16 ธันวาคม 2558. จาก: http://www. post today. com/local/north/362229.

วิจารย์ สิมาฉายา. (2552). **ปัญหาและแนวทางจัดการมลพิษจากหมอกควันและไฟป่าในพื้นที่ภาคเหนือ**. เอกสารในการประชุมวิชาการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 2 กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

N. Lynnae Sutton and Jackie Olson. (2012). **Time in Open Source GIS Web-based Visualizations**, Retrived December16, 2015, from: http://www.gla.ac.uk/media/media_401759_en.pdf.

การพัฒนาแบบจำลองการเกิดน้ำท่วมในชุมชนเมืองหาดใหญ่ โดยใช้ HEC-RAS 2D

The Development of AFlood Model for Hatyai Municipality Using HEC-RAS 2D

ศักดิ์ชัย ปรีชาวีรกุล ธิรดา ยงสถิตศักดิ์ และอดุลย์ เบ็ญนุ้ย
Sakchai Prechaverakul Thirada Yongsatitsak and Adul Bennui
ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศภาคใต้
คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา
โทรศัพท์ 074 286874 / โทรสาร 074 429955
e-mail:sakchai.p@psu.ac.th, thirada.y@psu.ac.th

บทคัดย่อ

ในการศึกษานี้ ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองการเกิดน้ำท่วม ในพื้นที่ชุมชนทั้งหมด 102 ชุมชนของเทศบาลนครหาดใหญ่ ซึ่งมีคลองหลัก 2 คลองคือ คลองอู่ตะเภาและคลองระบายน้ำ ร.1 ทำหน้าที่ระบายน้ำที่ผ่านตัวเมืองลงสู่ทะเลสาบสงขลาที่แหลมโพธิ์ ด้วยความสามารถของ HEC-RAS2D ที่สามารถทำการจำลองการไหลแบบหนึ่งมิติร่วมกับสองมิติได้ จึงได้จำลองให้การไหลในคลองทั้งสองเป็นแบบหนึ่งมิติ และส่วนที่ล้นตลิ่งเข้าท่วมพื้นที่ชุมชนเป็นการไหลแบบสองมิติ การปรับเทียบแบบจำลองการไหลหนึ่งมิติในคลองอู่ตะเภาได้ใช้วิธีการแปรค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Manning's n Value) ของทางน้ำ โดยจำลองการไหลของน้ำเป็นแบบไม่คงที่ จากสถานีวัดระดับน้ำ X.44 บ้านหาดใหญ่ใน จนถึงสถานีวัดระดับน้ำ X.181 บ้านหาร ผลการปรับเทียบพบว่า เมื่อปริมาณน้ำมากกว่า 200 ลบ.ม.ต่อวินาที ค่า n ที่ 0.020 จะทำให้ได้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำและระดับน้ำที่สอดคล้องกับ Rating Curve ของสถานีวัดระดับน้ำ X.181

เมื่อปริมาณน้ำมากจนทำให้น้ำล้นตลิ่งเข้าท่วมพื้นที่ชุมชน ได้ทำการจำลองการไหลเป็นแบบสองมิติ ในการศึกษานี้ได้ทำการจำลองการเกิดน้ำท่วมใหญ่ ในช่วงวันที่ 1-3 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553 โดยใช้ปริมาณน้ำท่าที่สถานีวัดระดับน้ำ X.44 ผลจากการจำลองพบว่าเกิดน้ำท่วมในพื้นที่จำนวน 88 ชุมชนจากทั้งหมด 102 ชุมชน และได้ทำการเปรียบเทียบความแม่นยำของแบบจำลอง กับแผนที่ระดับน้ำท่วมสูงสุดที่ได้ทำการสำรวจก่อนหน้านี้ พบว่าค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างความลึกสูงสุดในแต่ละชุมชนจากแบบจำลองและแผนที่ มีค่าเท่ากับ 61 เซนติเมตร

คำสำคัญ : ชุมชนเมืองหาดใหญ่ คลองอู่ตะเภา คลองระบายน้ำ ร.1 แบบจำลองการเกิดน้ำท่วมHEC-RAS 2D

ABSTRACT

This study aims to develop a flood model for 102 communities in Hatyai Municipality where two main canals: U-Tapao and R-1 have been used as water convenance to drain water into Songkhla Lake at Laem Pho. Since HEC-RAS 2D enables users to perform combined 1D and 2D unsteady-flow routing, a 1D flow has been used for both canals while overbank flow into flood plain has been modeled as a 2D flow area. The calibration of 1D flow in U-Tapao canal was conducted by varying Manning's n value for an unsteady flow from gauging station X.44 Ban HatyaiNai to gauging station X.181 Ban Han. The result indicates that when the flow rate is greater than 200 cubic meters per second, an n value of 0.020 will provide the compatible flow and stage with the rating curve of gauging station X.181.

Once the water level exceeds the overbanks and overflows into the floodplain, a 2D flow model has been used by defining the floodplain as a 2D flow area. The big flood during 1st -3rd November, 2010 has been simulated using flow hydrograph of gauging station X.44. The result predicts that out of 88 from

102 communities will be inundated. The flood peaks of simulated flood and a surveyed flood map have been compared using Root Mean Square Error which in this case is 61 centimeters.

KEY WORDS :Hatyai flood, U-Tapao, R-1, Flood Model, HEC-RAS 2D

1. บทนำ

ด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในปัจจุบัน จึงเป็นไปได้ที่จะสร้างแบบจำลองการเกิดน้ำท่วม โดยการใช้แบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model/DEM)ร่วมกับโปรแกรม HEC-RAS ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้จำลองสถานการณ์น้ำท่วม ที่พัฒนาโดย Hydrologic Engineering Center ซึ่งเป็นหน่วยงานในสังกัด US Army Corps of Engineers เพื่อจำลองสถานการณ์การเกิดน้ำท่วม จากข้อมูลน้ำท่วมในอดีต และแสดงพื้นที่ที่คาดว่าจะเกิดน้ำท่วมจากน้ำหลากเกินกว่าที่คลองหรือแม่น้ำจะรับได้ ในระยะที่ผ่านมา ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ ภาคใต้ ได้ดำเนินการปรับปรุงแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (DEM)ของเทศบาลนครหาดใหญ่ โดยใช้วิธีคำนวณจากระดับน้ำท่วมสูงสุดที่เกิดขึ้นเมื่อปี 2553 และได้ใช้ DEM ดังกล่าว จัดทำแผนที่เสี่ยงภัยการเกิดน้ำท่วมด้วยวิธีนำไปซ้อนทับ (Intersection) ระดับน้ำที่ความสูงต่างๆ รวมทั้งได้ทดลองสร้างแบบจำลองการเกิดน้ำท่วม (Flood Inundation Modeling) ด้วยโปรแกรม HEC-RAS ซึ่งเป็นการจำลองการไหลของน้ำแบบหนึ่งมิติ โดยจำลองการไหลของน้ำเฉพาะที่ไหลในคลองอู่ตะเภาคลองเดียวต่อมาในระยะที่สองได้ทำการเป็นการปรับให้แบบจำลองมีความใกล้เคียงกับพื้นที่จริงมากขึ้น โดยการเพิ่มคลองระบายน้ำ ร.1 เข้ามาในแบบจำลอง และทดสอบการระบายน้ำคลองระบายน้ำ ร.1 คลองเดียว และการระบายน้ำแบบสองคลอง คือการระบายน้ำของคลองอู่ตะเภา และคลองระบายน้ำ ร.1 พร้อมกันที่อัตราการระบายน้ำต่างๆกัน โดยใช้ข้อมูลการเกิดน้ำท่วมในอดีต ผลจากการศึกษาพบว่าในการระบายน้ำคลองอู่ตะเภาคลองเดียว มีความสามารถสูงสุดในการระบายน้ำ 600 ลบ.ม. ต่อวินาที และคลองระบายน้ำ ร.1 มีความสามารถในการระบายน้ำสูงสุด 465 ลบ.ม. ต่อวินาที สอดคล้องกับข้อมูลการระบายน้ำของกรมชลประทาน สำหรับการระบายน้ำสองคลองที่ปริมาณน้ำ 1,600 ลบ.ม. ต่อวินาที พบว่าพื้นที่ที่น้ำท่วมไม่ได้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบกับสถานการณ์การเกิดน้ำท่วมในปี พ.ศ. 2553 ที่เกิดน้ำท่วมทั้งหมดของพื้นที่ศึกษาซึ่งไม่สอดคล้องกัน สาเหตุที่เป็นไปได้ประการหนึ่ง อาจเกิดจากการที่แบบจำลอง HEC-RAS จำลองการไหลเป็นแบบ 1 มิติ คือพื้นที่ที่อยู่ต่ำกว่าระดับความสูงของน้ำในแนวเส้นทางการไหลของน้ำจะถูกกำหนดเป็นพื้นที่ที่น้ำท่วม ซึ่งในความเป็นจริงเมื่อน้ำล้นตลิ่งการไหลของน้ำสามารถจำลองให้เป็นการไหลแบบ 2 มิติได้

ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ จึงทำการจำลองการไหลทั้ง 1 มิติ (ไหลในลำน้ำ) และ 2 มิติ (เมื่อน้ำล้นตลิ่ง) โดยใช้ HEC-RAS 2D ซึ่งจะทำให้แบบจำลองมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์

พัฒนาแบบจำลองการเกิดน้ำท่วมโดยใช้แบบจำลองการไหลหนึ่งและสองมิติร่วมกัน

3. วิธีการวิจัย

3.1 สร้างแบบจำลองการเกิดน้ำท่วมของชุมชนเมืองหาดใหญ่ ด้วยการใช้ข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลขของพื้นที่ชุมชนเมืองหาดใหญ่ในรูปแบบ TIN Model ข้อมูลหน้าตัดลำน้ำคลองอู่ตะเภา และคลองระบายน้ำ ร. 1 จัดทำเป็นฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยเส้นทางการไหลของน้ำ (Stream Centerline) ตลิ่งลำน้ำ (Stream Banks)เส้นทางการไหลบ่าเมื่อน้ำล้นตลิ่ง (Flow Paths)หน้าตัดลำน้ำ (Cross Sections)ของคลองอู่ตะเภา และคลองระบายน้ำ ร.1 รวมทั้งสภาพการใช้ที่ดินในเขตชุนเมืองหาดใหญ่ (Land Use)เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับนำเข้าสู่โปรแกรม HEC-RAS2D เพื่อสร้างแบบจำลองการไหลของน้ำ 1มิติ และ2 มิติ

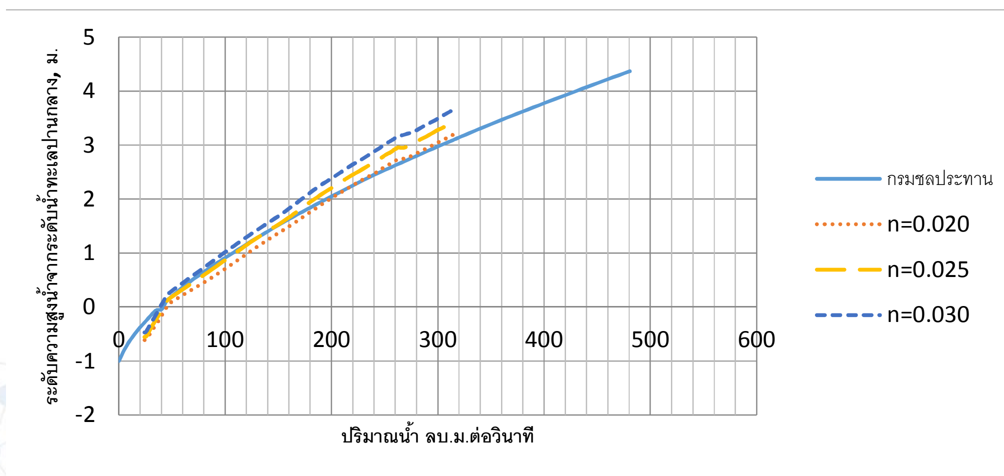
3.2 สร้างแบบจำลองการไหลของน้ำ 1 มิติและ 2มิติร่วมกัน โดยใช้ HEC-RAS 2Dโดยจำลองให้การไหลของน้ำในคลองเป็นการไหล 1 มิติและน้ำที่ล้นตลิ่งเข้าท่วมพื้นที่ชุมชนเป็นการไหลแบบ 2 มิติ ด้วยการกำหนด2D Flow Area ในรูปกริดเซลขนาด 5x5 เมตรจาก TIN Model และได้ทำการจำลองการไหลของน้ำเป็นแบบไม่คงที่โดยใช้ข้อมูล Flow Hydrograph

ในช่วงวันที่ 17 – 24 ธันวาคม พ.ศ. 2557 จำลองการไหลของน้ำในคลองอู่ตะเภา และคลองระบายน้ำ ร. 1 แบบ 1 มิติ เพื่อทำการปรับเทียบแบบจำลองโดยวิธีการแปรค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่ง (Manning's Coefficient)ในคลองอู่ตะเภา เมื่อได้สัมประสิทธิ์แมนนิ่งที่เหมาะสมแล้ว จึงได้ทำการจำลองการเกิดน้ำท่วมใหญ่เมื่อปี พ.ศ. 2553 โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายชั่วโมงของวันที่ 1-3 พฤศจิกายน พ.ศ.2553 ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองได้ทำการเปรียบเทียบกับแผนที่ระดับน้ำท่วมสูงสุดที่ได้ทำการสำรวจไว้ (ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ ภาคใต้, 2556)

4. ผลการวิจัย

4.1 การปรับเทียบแบบจำลองด้วยการแปรค่า Manning's n Value ของคลองอู่ตะเภา

ในการศึกษานี้ได้ทำการปรับเทียบแบบจำลอง โดยการแปรค่า Manning's n Valueของคลองอู่ตะเภา และทำการจำลองการไหลหนึ่งมิติแบบไม่คงที่ โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายชั่วโมง ของสถานี X.44 บ้านหาดใหญ่ที่เกิดขึ้นเมื่อวันที่ 17 – 24 ธันวาคม พ.ศ. 2557 ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดฝนตกหนักในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่และระดับน้ำได้ขึ้นสูงสุด อยู่ที่ระดับ 5.42 เมตร (ร.ท.ก.) ในช่วงเวลา 15.00-17.00 น. ของวันที่ 23 ธันวาคม พ.ศ. 2557 (กรมชลประทาน, 2557) ซึ่งมีปริมาณน้ำค่อนข้างมากแต่ยังเป็นระดับที่ต่ำกว่าระดับตลิ่งประมาณ 2 เมตร ปริมาณน้ำดังกล่าว ได้ใช้เป็นเงื่อนไขขอบเขต (Boundary Conditions) ที่ต้นน้ำ เพื่อจำลองการไหลของน้ำแบบหนึ่งมิติในคลองอู่ตะเภา จากสถานี X.44บ้านหาดใหญ่ในจนลงสู่ทะเลสาบสงขลาที่แหลมโพธิ์ ซึ่งได้กำหนดให้เงื่อนไขขอบเขตที่ท้ายน้ำ เป็นความลึกปกติ (Normal Depth) แบบจำลองที่สร้างขึ้น ทำการปรับเทียบกับ Rating Curve ปี พ.ศ. 2553ของสถานี X.181 บ้านหาร(กรมชลประทาน, 2553) โดยการแปรค่า Manning's n Value ของคลองอู่ตะเภา เท่ากับ0.020, 0.025 และ 0.030 ตามลำดับ ผลจากแบบจำลองพบว่า เมื่อปริมาณน้ำน้อยกว่า 200 ลบ.ม.ต่อวินาที และ ค่า n = 0.025 ระดับความสูงของน้ำจะสอดคล้องกับค่าของกรมชลประทาน และเมื่อปริมาณน้ำมากกว่า 200 ลบ.ม.ต่อวินาที ค่า n = 0.020 จะทำให้ได้ค่าความสูงของน้ำที่สอดคล้องกับค่าของกรมชลประทาน ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งเป็นการสร้างแบบจำลองการเกิดน้ำท่วมในปี พ.ศ. 2553 ที่ปริมาณน้ำท่ามากกว่า 200 ลบ.ม.ต่อวินาที จึงใช้ค่า n = 0.020 ดังภาพที่ 1



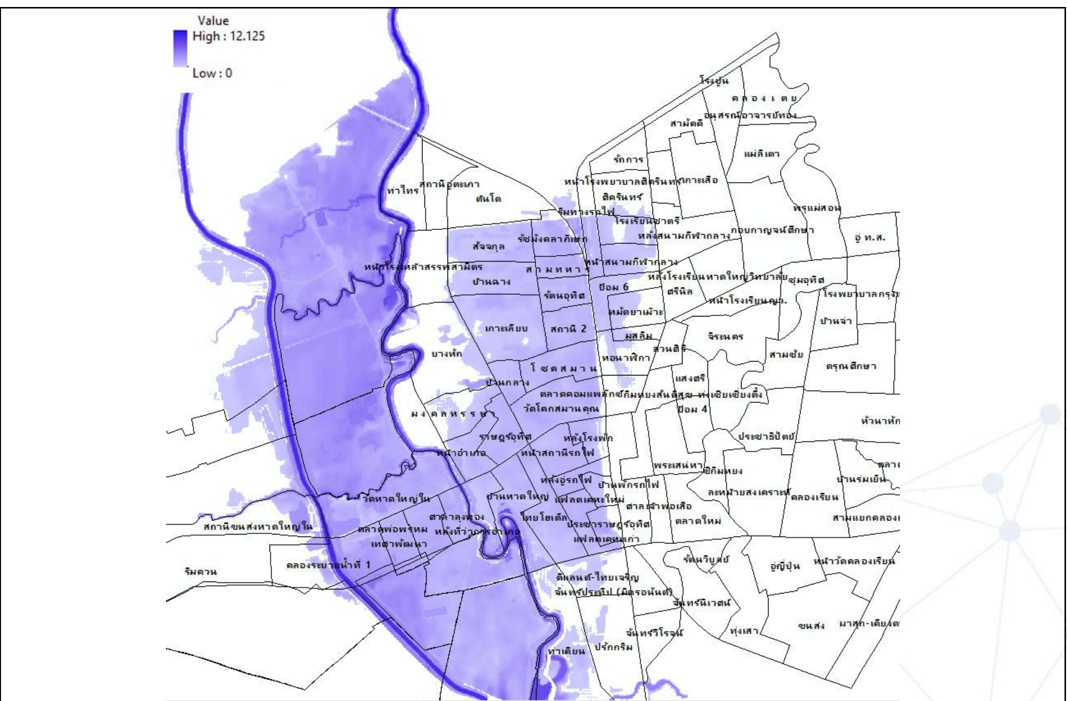
ภาพที่1ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำ-ระดับน้ำ ที่ Manning's n Value ต่างๆ กันเทียบกับ Rating Curve (2553)ของกรมชลประทาน ที่สถานีวัดระดับน้ำ X.181 บ้านหาร

4.2 แบบจำลองการไหลของน้ำหนึ่งและสองมิติ

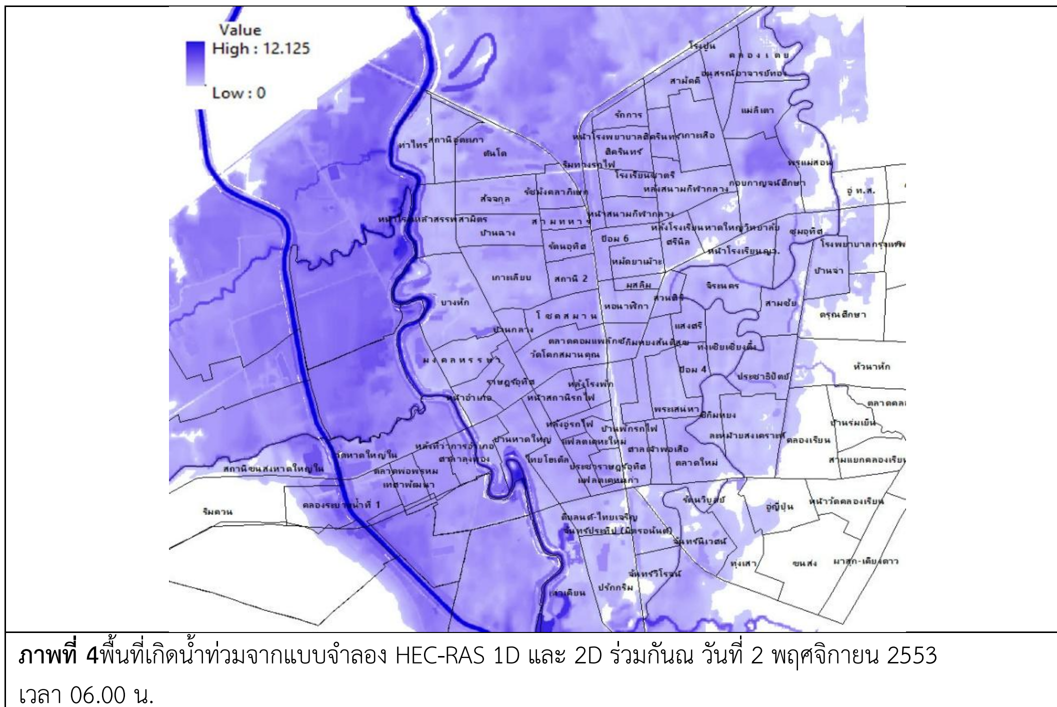
ในการพัฒนาแบบจำลอง 2 มิติ ได้ทำการกำหนดให้พื้นที่บริเวณฝั่งขวาและซ้ายของคลองอู่ตะเภาและคลอง ร.1 เป็นพื้นที่การไหลสองมิติ (2D Flow Area) และการไหลของน้ำในคลองอู่ตะเภาและคลอง ร.1 เป็นการไหลหนึ่งมิติ และเป็นการไหลแบบไม่คงที่ โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายชั่วโมง ของสถานี X.44 ในช่วงวันที่1-3 พฤศจิกายน 2553ซึ่งเกิดน้ำท่วมใหญ่ เป็นเงื่อนไขขอบเขตที่ต้นน้ำ และใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำ Manning's n Value เท่ากับ 0.020 ซึ่งเป็น

ค่าที่ได้จากการปรับเทียบโมเดล ผลจากแบบจำลอง ณ เวลาต่างๆ ระหว่างวันที่ 1-3 พฤศจิกายน 2553 โดยเริ่มจากวันที่ 1 พฤศจิกายน 2553 เวลา 22.30 น น้ำล้นตลิ่งและไหลเข้าท่วมพื้นที่ฝั่งซ้ายและขวาของคลองอู่ตะเภา (ภาพที่ 2) วันที่ 2 พฤศจิกายน 2553 เวลา 04.00 น. น้ำไหลเข้าท่วมพื้นที่ฝั่งซ้ายของคลองอู่ตะเภาทั้งหมด และคลองระบายน้ำ ร.1 ล้นตลิ่งเข้าท่วมพื้นที่ลุ่มต่ำ (ภาพที่ 3) และวันที่ 2 พฤศจิกายน 2553 เวลา 06.00 น. (ภาพที่ 4) น้ำไหลท่วมพื้นที่ฝั่งซ้ายและฝั่งขวาของคลองอู่ตะเภาทั้งหมด

ภาพที่ 2พื้นที่เกิดน้ำท่วมจากแบบจำลอง HEC-RAS 1D และ 2D ร่วมกัน ณ วันที่ 1 พฤศจิกายน 2553 เวลา 22.30 น.



ภาพที่3พื้นที่เกิดน้ำท่วมจากแบบจำลอง HEC-RAS 1D และ 2D ร่วมกันณ วันที่ 2 พฤศจิกายน 2553 เวลา 04.00 น.



ภาพที่ 4พื้นที่เกิดน้ำท่วมจากแบบจำลอง HEC-RAS 1D และ 2D ร่วมกันณ วันที่ 2 พฤศจิกายน 2553 เวลา 06.00 น.

4.3 ความแม่นยำของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น

ผลลัพธ์จากการจำลองการไหลของน้ำโดยให้เป็นการไหลแบบหนึ่งมิติในลำน้ำและสองมิติเมื่อน้ำล้นตลิ่ง ประกอบด้วยความเร็วและความสูงของระดับน้ำ เพื่อประเมินความแม่นยำของแบบจำลอง ความลึกน้ำท่วมสูงสุดที่เกิดขึ้นในแต่ละชุมชนจำนวน 88 ชุมชน ของเทศบาลนครหาดใหญ่ (จาก 102 ชุมชนเลือกเฉพาะชุมชนที่เกิดน้ำท่วม) ถูกนำไปเปรียบเทียบกับความลึกที่ได้จากแผนที่ระดับน้ำท่วมสูงสุด ปี พ.ศ. 2553 (สถานวิจัยสารสนเทศภูมิศาสตร์, 2556) ได้คำนวณหาค่าความแตกต่างเฉลี่ยทางสถิติของความลึกของน้ำท่วมสูงสุดด้วย Root Mean Square Error (RMSE) ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 1 ดังนี้

$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(W_{HWM} - W_m)^2}{n}} \qquad \text{(สมการที่ 1)}$$

เมื่อ W_{HWM} = ความลึกสูงสุดจากแผนที่ระดับน้ำท่วมสูงสุดปี พ.ศ.2553

W_m = ความลึกสูงสุดจากแบบจำลอง HEC-RAS

จากการคำนวณพบว่า ค่าความแตกต่างเฉลี่ยทางสถิติของความลึกของน้ำท่วมสูงสุด เท่ากับ 61 เซนติเมตร นั่นคือ ความลึกของน้ำท่วมสูงสุดที่ได้จากแบบจำลองจะแตกต่างจากที่ได้จากแผนที่ระดับน้ำท่วมสูงสุดปี พ.ศ. 2553 อยู่ที่ 61 เซนติเมตร เมื่อคิดเฉลี่ยจากพื้นที่ทั้งหมด 88 ชุมชน

5. วิจารณ์ผลและสรุปผล

ในการศึกษานี้ได้ทำการสร้างแบบจำลองคลองอู่ตะเภาและคลอง ร.1 โดยการเพิ่ม DEM ของหน้าตัดลำน้ำทั้งสองคลองลงใน DEM ของกรมแผนที่ทหาร จากประตูระบายน้ำคลองอู่ตะเภาและประตูระบายน้ำหน้าควน จนถึงทางออกลงสู่ทะเลสาบสงขลาที่แหลมโพธิ์ จากนั้นจึงได้ทำการจำลองการไหล เป็นแบบหนึ่งมิติและไหลไม่คงที่ ด้วย HEC-RAS โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่า ในช่วงวันที่ 17 – 24 ธันวาคม พ.ศ. 2557 และทำการปรับเทียบโดยแปรค่า Manning's n Valueของคลองอู่ตะเภาที่ n=0.020, 0.025 และ 0.030 พบว่า เมื่อปริมาณน้ำมากกว่า 200 ลบ.ม.ต่อวินาที ค่า n = 0.020 จะทำให้ได้

ค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำและความสูงของน้ำสอดคล้องกับRating Curve ปี พ.ศ. 2553ที่สถานีโทรมาตร X.181 บ้านหารของกรมชลประทาน

สำหรับแบบจำลองน้ำท่วมในพื้นที่ชุมชนเทศบาลนครหาดใหญ่ ได้ทำการจำลองการไหลเป็นแบบหนึ่งมิติในคลองทั้งสองและพื้นที่ชุมชนเทศบาลนครหาดใหญ่เป็นพื้นที่การไหลแบบสองมิติ เมื่อน้ำล้นตลิ่ง และเป็นการไหลแบบไม่คงที่ ผลการจำลอง โดยใช้ปริมาณน้ำท่าขณะเกิดน้ำท่วมใหญ่ เมื่อ วันที่ 1-3 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553 พบว่า สามารถพยากรณ์ระดับน้ำในคลอง และพื้นที่ที่จะเกิดน้ำท่วมในช่วงเวลาต่างๆ ได้ และได้ทำการเปรียบเทียบความลึกสูงสุดของน้ำที่ได้จากแบบจำลองในแต่ละชุมชน จำนวนทั้งหมด 88 ชุมชน กับแผนที่ระดับน้ำท่วมสูงสุด ที่ได้ทำการสำรวจก่อนหน้านี้ ผลการเปรียบเทียบโดยใช้ค่าเฉลี่ยของความแตกต่าง RMSE เท่ากับ 61 เซนติเมตร

6. ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้แบบจำลองมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ทั้งในแง่ของช่วงเวลาที่พื้นที่ชุมชนใดจะเกิดน้ำท่วมก่อนและหลัง รวมทั้งอัตราการเพิ่มความสูงของระดับน้ำท่วม ควรเพิ่มแบบจำลองของคลองอู่ตะเภาให้ครอบคลุมขึ้นไปทางต้นน้ำ และอาจเพิ่มคลองสาขาที่มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำในคลองอู่ตะเภา และคลองระบายน้ำ เช่น คลองหวะ คลองวาด และคลองต่ำ

เอกสารอ้างอิง

กรมชลประทาน. (2553).ปริมาณน้ำท่ารายชั่วโมงวันที่ 1-3 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553. Retrieved March 15,2015,from http://hydro-8.com/

กรมชลประทาน. (2557).ปริมาณน้ำท่ารายชั่วโมง วันที่ 17 – 24 ธันวาคม พ.ศ. 2557. Retrieved March 15,2015,from http://hydro-8.com/

ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ ภาคใต้. (2556). การพัฒนาแผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม เทศบาลนครหาดใหญ่. รายงานฉบับสมบูรณ์เสนอต่อ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ.

US Army Crops of Engineerings. (1997). Unsteady Flow Simulation.Retrieved March 5, 2015, from http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/features.aspx

US Army Crops of Engineerings. (2010). HEC-RAS version 4.3 Reference Manual.Retrieved July 1, 2015, from http://www.hec.usace.army.mil/software/hec- ras/documentation/HEC-RAS

US Army Crops of Engineerings. (2015). HEC-RAS 2D Modeling User’s Manual version 5.Retrieved July 1, 2015, from http://hecrasmodel.blogspot.com/2015/05/new- hec-ras-2d-modeling-users-manual.html

ก้าวสู่การระบุตำแหน่งด้วยดาวเทียมนำร่องยุคที่ 3; ความถูกต้องระดับเซนติเมตรเพื่อปวงชน: โอกาสและความท้าทายที่รออยู่

Towards GNSS 3.0; Centimeter-Level Accuracyfor All: Opportunities and Challenging

มนต์ศักดิ์ โซ่เจริญธรรม

Monsak Socharoentum

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

112 ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

โทรศัพท์ 02-564-6900 ต่อ 2621 มือถือ 099-104-2104 e-mail: ms@nectec.or.th

บทคัดย่อ

ระบบดาวเทียมนำร่อง GPS ของสหรัฐอเมริกา (GNSS ระบบแรกของโลก) เปิดให้ใช้ในกิจการพลเรือนและการพาณิชย์เมื่อปี 1983หลังจากนั้นมาปริมาณการใช้งานGNSS มีมากขึ้นทั่วโลกแบบก้าวกระโดดจากการประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ เช่น การทำแผนที่ด้วยดาวเทียม การบินพลเรือน ระบบนำทางในรถยนต์และโทรศัพท์มือถือ การทำเหมืองแร่ การเกษตร การก่อสร้าง ตลอดจนบริการต่างๆ ที่เกี่ยวเนื่องกับตำแหน่ง (location based services)

นอกจาก GPS แล้ว นานาประเทศได้ลงทุนและพัฒนาระบบดาวเทียมนำร่องของตนมาจนถึงยุคที่เรียกว่า Multi-GNSS ทำให้มีระบบดาวเทียมนำร่องให้ใช้งานเพิ่มอีกอย่างน้อย 3 ระบบ (GLONASS โดยรัสเซีย Beidou โดยจีน และ Galileo โดยสหภาพยุโรป) นอกจากจำนวนดาวเทียมนำร่องที่เพิ่มขึ้นแล้วยังมีการให้บริการค่าแก้ตามเวลาจริง (real-time augmentation service) สำหรับการคำนวณพิกัดความถูกต้องระดับต่ำกว่าเมตร (เช่น Satellite-Based Augmentation Systems; SBAS) และระดับเซนติเมตร (เช่น Precise Point Positioning: PPP) เพื่อใช้ในกิจการของพลเรือนก็กำลังเกิดขึ้นทั่วโลก บริการค่าแก้นี้มีผลกระทบสูงเนื่องจากเป็นบริการที่ใช้ได้ทั่วโลกไม่จำกัดเฉพาะพื้นที่อย่าง Differential GNSS (DGNSS)หรือReal-Time Kinematic (RTK) ดั้งเดิมผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องจัดตั้งสถานีอ้างอิง ดังเช่น DGNSS หรือ RTK ในอดีต และยังสามารถให้ความถูกต้องทางตำแหน่งที่ดีขึ้นถึง 1,000 เท่า จากยุคก่อนปี 2000 คือจากระดับ 50 เมตร มาอยู่ที่ระดับ 0.05 เมตรในบทความนี้ ความถูกต้องทางตำแหน่งของ GNSS ในระดับต่ำกว่าเมตรและระดับเซนติเมตรที่มีการเปิดให้ใช้งานอย่างเสรีคือนิยามของ“การระบุตำแหน่งด้วยดาวเทียมนำร่องยุคที่ 3”

บทความนี้ทบทวนแนวโน้มเทคโนโลยี GNSS ที่เกี่ยวเนื่องกับSBAS และPPP อันได้แก่โครงสร้างพื้นฐานด้านอวกาศ ภาคพื้นดิน และเครื่องรับฝั่งผู้ใช้ บทความนี้ยังอภิปรายบทบาทและยุทธศาสตร์ของประเทศผู้ให้บริการ GNSS ในด้านนโยบายการบริการค่าแก้ตามเวลาจริง การบูรณาการสัญญาณดาวเทียมนำร่องรุ่นใหม่ๆ ตลอดจนแนวโน้มการประยุกต์ใช้งาน GNSS ในตอนท้ายบทความยังได้มีข้อเสนอแนะนโยบายการส่งเสริมGNSSสำหรับประเทศไทย

คำสำคัญ: ระบบดาวเทียมนำร่อง บริการค่าแก้ตามเวลาจริงการคำนวณพิกัดความถูกต้องสูง

ABSTRACT

Opening up GPS (the world's first GNSS) for civilian and commercial applications was activatedin 1983. Since then, people around the globe have been applying GPS for many applications such as surveying and mapping, aviation, car and mobile phone navigation, mining, precision agriculture, construction, and location based services. In line with GPS, several powerful parties/countries have been investing and developing their own GNSS by which resulting in three or more GNSS available such as GLONASS by Russia, Beidou by China, and Galileo by European Union. In addition to these multiple GNSS (Multi-GNSS), the

GNSS parties also provide global real-time augmentation services for sub-meter level accuracy such as Satellite-Based Augmentation Systems (SBAS) and centimeter-level such as Precise Point Positioning(PPP). Unlike traditional approach such as Differential GNSS (DGNSS) and Real Time Kinematic (RTK), these augmentation services do not require users to setup reference stations.

In this paper, GNSS 3.0 refers to the sub-meter and centimeter-level of GNSS positioning services that is available for publics. This article contributes reviews of state of the art GNSS technologies related to SBAS and PPP separating into three segments: space, ground, and user. This article also discusses roles and strategies of the GNSS providers with regard to real-time augmentation service policies andinteroperability of modernized navigation signals. This paper ends up with suggestions for Thailand regarding GNSS promotion policy.

KEY WORDS: GNSS, Multi-GNSS, Augmentation Services, Precise Point Positioning

1. บทนำ

GPS เป็นระบบสำหรับหาพิกัดด้วยดาวเทียมนำร่องระบบแรกของโลกGPS พัฒนาโดยกองทัพสหรัฐฯเปิดให้บริการแก่สาธารณะเมื่อปี 1983 โดยประธานาธิบดีแรแกนและชื่อในขณะนั้นคือNAVSTAR ถึงแม้จะเปิดให้พลเรือนได้ใช้งาน แต่ในยุคเริ่มแรก กองทัพสหรัฐฯมีความกังวลเรื่องความมั่นคงและไม่ต้องให้พลเรือนหรือหน่วยงานทหารของประเทศอื่น ๆ สามารถใช้ GPS เพื่อคำนวณค่าพิกัดที่มีความละเอียดถูกต้องสูงได้รัฐบาลสหรัฐฯจึงเจตนาใส่ค่าความคลาดเคลื่อนที่เรียกว่าSelective Availability (SA)[1]เข้าไปในสัญญาณนำหน (navigation signal) ของGPS ซึ่งมีผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งที่ได้จากเครื่องรับของพลเรือนอยู่ที่ประมาณ50-100 เมตร

ต่อมาในช่วงสงครามอ่าวเปอร์เซีย (ปี 1990-1991) กองทัพสหรัฐฯมีความจำเป็นต้องใช้เครื่องรับGPS จำนวนมากเพื่อการสงครามและไม่สามารถผลิตเครื่องรับได้ทันต่อการใช้งานกองทัพสหรัฐฯจึงจำเป็นต้องซื้อเครื่องรับจากเอกชนและยอมปิดสัญญาณSA เป็นการชั่วคราวเพื่อให้เครื่องรับจากเอกชนสามารถคำนวณค่าพิกัดได้ถูกต้องมากขึ้นอย่างไรก็ตามหลังจากสงครามจบลงกองทัพสหรัฐฯก็กลับมาเปิดสัญญาณSA ตามเดิม

ด้วยความที่เอกชนได้เห็นถึงประโยชน์ของGPS และได้สัมผัสถึงระดับความถูกต้องที่สูงในช่วงสงครามจึงมีเสียงเรียกร้องจากภาคเอกชนเรื่อยมาให้รัฐบาลสหรัฐฯยกเลิกSA อย่างถาวรจนกระทั่งพฤษภาคมปี 2000 รัฐบาลสหรัฐฯโดยประธานาธิบดีคลินตันจึงได้ประกาศยกเลิกสัญญาณSA อย่างถาวรและก็มีผลให้ความความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งลดลงถึงสิบเท่าเหลือประมาณ 10 เมตร (ในชั่วข้ามคืน) นับแต่นั้นมาการใช้งานGPS จึงเกิดขึ้นอย่างกว้างขวางและการประยุกต์ใช้การระบุตำแหน่งด้วยดาวเทียมของภาคพลเรือนจึงเริ่มเติบโตอย่างรวดเร็วเช่นระบบนำทางในรถยนต์และโทรศัพท์มือถือ

หลังจากปี 2000 เป็นต้นมา รัฐบาลของหลายประเทศได้เห็นถึงประโยชน์ของGPS และเริ่มตระหนักถึงความสำคัญของการมีเทคโนโลยีการระบุตำแหน่งด้วยดาวเทียมของตนเอง หลายประเทศจึงเริ่มมีการพัฒนา GNSS ของตนเองและทยอยเปิดให้บริการเรื่อยมาจนมีการสร้างคำขึ้นใหม่ว่า Multi-GNSS เพื่อใช้เน้นและอธิบายสภาวะที่มีระบบ GNSS หลายระบบให้บริการ

---

[1]Selective Availability (SA) เป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่สร้างด้วยสูตรทางคณิตศาสตร์โดยมีค่าแปรเปลี่ยนอยู่ตลอดเวลาเพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องรับเอกชนสามารถถอดรหัสและคำนวณค่าพิกัดได้แม่นยำในขณะที่เครื่องรับของกองทัพจะมีสูตรลับนี้อยู่ภายในทำให้สามารถถอดค่าSA ออกและคำนวณค่าพิกัดให้ถูกต้องได้

เมื่อมี GNSS เกิดขึ้นหลายระบบ และทุกระบบต่างต้องการให้เครื่องรับและผู้ใช้เข้ามารองรับและใช้งาน ซึ่งเริ่มเกิดความจำเป็นที่จะต้องบูรณาการและพิจารณาถึงความเข้ากันได้ระหว่าง GNSS แต่ละระบบด้วยความตระหนักในเรื่องนี้ องค์การสหประชาชาติซึ่งได้ดำเนินกิจกรรมการใช้งานอวกาศเพื่อสันติอยู่แล้วจึงได้จัดตั้งคณะกรรมการเพิ่มเติมอีกหนึ่งชุดคือ คณะกรรมการสากลทางด้าน GNSS (International Committee on GlobalNavigation Satellite Systems: ICG)ขึ้นในปี 2006โดยมีวัตถุประสงค์คือ[2] “*Achieving compatibility and interoperability among global and regional space-basedpositioning, navigation and timing systems and in promoting the use of globalnavigation satellite systems (GNSS) and their integration into nationalinfrastructures, particularly in developing countries*” ICG มีการประชุมต่อเนื่องเป็นประจำทุกปีและถือเป็นองค์กรในระดับสูงสุดที่ดูแลและประสานความร่วมมือทางด้าน GNSS ในระดับสากลตลอดจนส่งเสริมการใช้งาน GNSS ในประเทศกำลังพัฒนาให้เกิดประโยชน์สูงสุด

นอกจากฝั่งอวกาศแล้วยังมีการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานบนภาคพื้นด้วย กล่าวคือหลาย ๆ ประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น ยุโรป จีน และ รัสเซีย ต่างก็ได้ติดตั้งสถานีอ้างอิงซึ่งปฏิบัติการแบบต่อเนื่อง (Continuously Operating Reference Station; CORS) ทั่วประเทศเพื่อติดตามวงโคจรดาวเทียมและสถานะการทำงานของดาวเทียมค่ายต่าง ๆ CORS ยังให้ข้อมูลดิบสำหรับใช้คำนวณค่าแก้ต่าง ๆ เช่น ค่าปรับแก้แก้วงโคจรแบบละเอียด (precise orbit correction) ค่าแก้ความคลาดเคลื่อนเวลาของนาฬิกาดาวเทียม (clock correction) และค่าแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศซึ่งโดยหลัก ๆ เน้นไปที่ชั้นไอโอโนสสเฟียร์ (Ionospheric correction)CORS ยังอาจใช้เพื่อจุดประสงค์อื่น ๆ ได้อีกด้วย เช่น ศึกษาการเปลี่ยนเปลี่ยนของบรรยากาศ ศึกษาและติดตามการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก แต่ในบทความนี้จะเน้นไปที่การบริการข้อมูลเพื่อช่วยคำนวณพิกัดความถูกต้องสูงเท่านั้น

สำหรับประเทศไทยเอง แม้จะมี CORS อยู่บ้างเช่น สถานีของกรมที่ดินในพื้นที่ภาคกลาง แต่ก็เน้นไปที่บริการข้อมูลสำหรับ Network RTK เพื่อการใช้งานในกิจการภาครัฐเป็นหลัก ปัจจุบันยังไม่มีหน่วยงานใดให้บริการRTK หรือ Network RTKกับภาคเอกชนหรือในเชิงพานิชย์

สำหรับในต่างประเทศ ข้อมูลสถานะการทำงานของดาวเทียมและค่าแก้ต่าง ๆ ที่ได้จาก CORS ถูกนำไปใช้หรือให้บริการแพร่หลายในสองกลุ่มหลัก ๆ คือ 1) กลุ่มการใช้งานทั่วไปหรือเครื่องรับความถี่เดี่ยว (single frequency receiver) และ 2) กลุ่มการรังวัดความถูกต้องสูงหรือเครื่องรับที่สามารถประมวลผลด้วยเทคนิค carrier-phasemeasurement ได้ (ซึ่งมักพบในเครื่องรับประเภท dual frequency receiver)กรณีกลุ่มการใช้งานทั่วไปเครื่องรับจะรับข้อมูลค่าแก้ผ่านช่องทางพิเศษ เช่น ผ่านดาวเทียมเสริม (augmentation satellite) เรียกว่า **ระบบส่วนเสริมโดยใช้ดาวเทียมเป็นฐาน (Satellite-Based Augmentation Systems; SBAS)**ในขณะที่กลุ่มการรังวัดความถูกต้องสูงมีชื่อเรียกเฉพาะทางเทคนิคว่า **การคำนวณพิกัดความถูกต้องสูง (Precise Point Positioning: PPP)**

บทความนี้ แบ่งยุคของการระบุตำแหน่งด้วยดาวเทียมนำร่องออกเป็นสามยุคตามระดับความถูกต้องทางตำแหน่งที่เปิดให้ใช้งานอย่างเสรีคือ ยุคที่ 1/GNSS 1.0 (ช่วงเวลาก่อนการยกเลิก SA) ซึ่งมีความถูกต้องทางตำแหน่งประมาณ 100 เมตร ยุคที่ 2/ GNSS 2.0 (หลังจากยกเลิก SA)ซึ่งมีความถูกต้องทางตำแหน่งประมาณ 10 เมตรและยุคที่ 3/ GNSS 3.0 ซึ่งมีความถูกต้องทางตำแหน่งในระดับ 1 เมตรหรือดีกว่า เนื้อหาต่อจากนี้เป็นการอธิบายเทคโนโลยีการคำนวณพิกัดSBAS และ PPPซึ่งกำลังได้รับความสนใจในต่างประเทศ ต่อด้วยการอภิปรายแนวโน้มเทคโนโลยี GNSS ในยุคที่สาม โดยแบ่งออกเป็นสามส่วนคือ ส่วนอวกาศ ส่วนภาคพื้นดิน และส่วนเครื่องรับ บทความนี้ยังอภิปรายบทบาทและยุทธศาสตร์ของประเทศผู้ให้บริการ GNSS ในด้านนโยบายการบริการ แนวโน้มการประยุกต์ใช้งาน และปิดท้ายด้วยข้อเสนอแนะนโยบายการส่งเสริม GNSS สำหรับรัฐบาลไทย

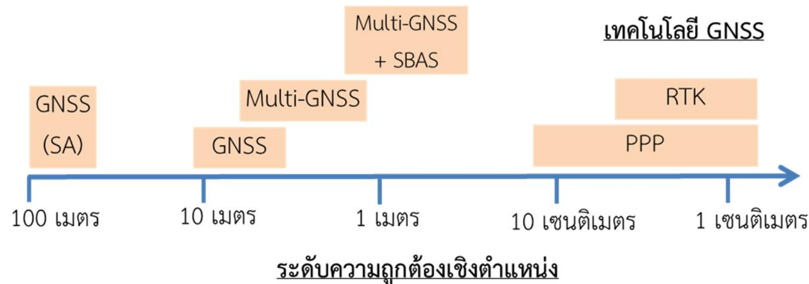
1. SBAS และ PPP คืออะไรและมีแนวโน้มอย่างไร?

SBAS และ PPP เป็นแนวทางที่ช่วยให้เครื่องรับ GNSS สามารถปรับแก้ Pseudorange[3] ให้มีความถูกต้องมากขึ้นโดยอาศัยข้อมูลเสริมซึ่งปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยายกาศ และ/หรือข้อมูลเสริมที่ระบุตำแหน่งดาวเทียมนำ

[2]คัดลอกจาก Official Records of the General Assembly, Sixty-fourth Session, Supplement No. 20 (A/64/20),Paragraph 128.

[3] Pseudorange คือระยะทางระหว่างดาวเทียมนำหนและเครื่องรับ GNSS คำว่า “Pseudo” มีรากศัพท์จากคำว่า pseudes ในภาษากรีกซึ่งแปลว่าเทียม ทั้งนี้เนื่องจากการวัดระยะทางจริง (Truerange) ไม่สามารถทำได้โดยตรง จึงต้องใช้การวัดเวลาเดินทางของคลื่นนำหนหรือคลื่น

หนและเวลานาฬิกาของดาวเทียมนำหนอย่างแม่นยำ ค่าแก้นี้ส่งผลให้การคำนวณพิกัดมีระดับความถูกต้องประมาณหนึ่งเมตร (กรณี SBAS) หรือสามารถดีถึงระดับเซนติเมตร (กรณี PPP) ได้ รูปที่ 1แสดงช่วงของระดับความถูกต้องเชิงตำแหน่งของเทคโนโลยี GNSS แบบต่าง ๆ



รูปที่ 1ช่วงของระดับความถูกต้องเชิงตำแหน่งของเทคโนโลยี GNSS แบบต่าง ๆ

SBAS เป็นการบริการค่าแก้ผ่านดาวเทียมเสริม (augmentation satellite) และใช้คลื่นความถี่ร่วมกันกับดาวเทียมนำหนเพื่อลดความซับซ้อนในการผลิตเครื่องรับ ค่าแก้ดังกล่าวทำให้เครื่องรับแบบความถี่เดียว (เช่นที่ใช้ในระบบนำทางในรถยนต์ หรือโทรศัพท์มือถือ) สามารถปรับแก้ Pseudorange และคำนวณพิกัดได้ถูกต้องมากขึ้น เช่นค่าแก้จากระบบWAAS ของสหรัฐอเมริกาสามารถปรับให้ความถูกต้องทางตำแหน่งดีขึ้นมาอยู่ที่ 1.6 เมตรทั้งทางราบและทางดิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (Federal Aviation Administration, 2008)

นอกจากค่าแก้แล้ว SBASยังให้ข้อมูลข้อมูลเกี่ยวกับบูรณภาพ (integrity)ของดาวเทียม GNSSแต่ละดวงเพื่อให้เครื่องรับใช้ตรวจสอบและเลือกใช้งานดาวเทียมในการคำนวณพิกัดได้อย่างเหมาะสมSBAS เป็นบริการที่ค่อนข้างเป็นที่รู้จักดีในวงการบินพาณิชย์โดยจุดประสงค์การใช้งานหลักคือข้อมูลบูรณภาพของดาวเทียม GNSSเพื่อเสริมความปลอดภัยสำหรับการรายงานตำแหน่งของเครื่องบินและใช้สำหรับระบบนักบินอัตโนมัติ (autopilot)

ในช่วงเวลาเพียง 10 ปี (2005ถึง 2014)ประเทศต่าง ๆ ได้ทยอยเปิดบริการ SBAS ของตนอย่างแพร่หลาย เช่น WAAS ได้ขยายไปยังแคนาดาและเม็กซิโกในปี 2007 MSAS ของญี่ปุ่นเปิดบริการในปี 2007 (Gakstatter,2008) EGNOS ของยุโรปเปิดบริการในปี 2009 (European Satellite Services Provider, 2015) GAGAN ของอินเดียเปิดบริการในปี 2013 (Kumar, 2014) และ SDCM ของรัสเซียซึ่งวางแผนเปิดบริการครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของโลก (ยกเว้นสหรัฐอเมริกา) ภายในปี 2014Stupak (2010)ทั้งนี้ขอให้สังเกตด้วยว่า SBAS ไม่จำเป็นต้องใช้จำนวนสถานีอ้างอิงมากเหมือนอย่าง RTK ตัวอย่างเช่น WAAS ใช้ 38 สถานี(Federal Aviation Administration, 2008) EGNOS ใช้ 39 สถานี(European GNSS Agency, 2009) MSAS ใช้ 4 สถานี (NAVIPEDIA, 2014) SDCM ใช้ 22 สถานี (Russian Institute of Space Device Engineering, n.d.)

PPP เป็นเทคนิคการคำนวณพิกัดความถูกต้องสูง (ถึงระดับเซนติเมตร) ซึ่งต้องอาศัยข้อมูลเสริมคล้ายกับ SBAS แต่เพื่อให้ได้ระดับความถูกต้องสูง PPP ต้องอาศัยองค์ประกอบต่าง ๆ เพิ่มขึ้น คือ 1) เครื่องรับแบบสองความถี่และ/หรือเครื่องรับที่มีความสามารถทำcarrier-phase measurement2) ค่าปรับแก้วงโคจรดาวเทียม และ 3) ค่าแก้ความคลาดเคลื่อนเวลาของนาฬิกาดาวเทียมการใช้เครื่องรับแบบสองความถี่ (องค์ประกอบแรก) ทำให้ PPP สามารถกำจัดความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยายกาศไอโอโนสสเฟียร์อย่างแม่นยำได้ภายในตัวเครื่องรับเอง ส่วนค่าปรับแก้วงโคจรดาวเทียมค่าแก้ความคลาดเคลื่อนเวลาของนาฬิกาดาวเทียม (องค์ประกอบที่ 2 และ 3) แม้จะเป็นข้อมูลประเภทเดียวกับที่ได้จาก SBAS แต่ค่าแก้สำหรับ PPP จะต้องมีความถูกต้องสูงกว่ามากเพื่อให้สามารถทราบตำแหน่งของดาวเทียมอย่างแม่นยำ (ในหลักเซนติเมตร) และสามารถปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาดาวเทียม (ในระดับนาโนวินาที)

PPP มิได้ใช้เทคนิค Double Differencingเพื่อกำจัดค่าความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ด้วยเหตุนี้ PPP จึงไม่จำเป็นต้องอาศัยสถานีอ้างอิงให้ส่งค่ารังวัดดาวเทียมทั้งหมดมาประมวลผลที่เครื่องรับของผู้ใช้ (RTK ใช้เทคนิค Double Differencing

พาหะจากดาวเทียมถึงเครื่องรับแล้วค่อยทอนกลับเป็นระยะทางโดยอาศัยทฤษฎีทางฟิสิกส์ที่ว่าอัตราเร็วของแสงในสุญญากาศมีค่าคงที่

เพื่อกำจัดค่าความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ) ดังนั้นหากมองในแง่ปริมาณข้อมูลที่ต้องส่งและประมวลผล ภาระการคำนวณทั้งฝั่งเครื่องรับและฝั่งสถานีอ้างอิงของกรณี PPP จึงน้อยกว่า RTK

ค่าพิกัดที่คำนวณจาก PPP อ้างอิงกับพื้นหลักฐานที่เป็นสากล เช่น ITRF 2008(International Earth Rotation and Reference Systems Service, 2008) PPPสามารถให้ผลการคำนวณค่าพิกัดที่ระดับความถูกต้องสูงในระดับเซนติเมตรและกำลังได้รับความสนใจโดยมีผลการศึกษาจำนวนมาก เช่น Saito et al. (2001)Øvstedal, Kjørsvik& Gjevestad (2006)Chen et al. (2013) และHarima, Choy, Li& Grinter (2014)

หากเครื่องรับเป็นแบบความถี่เดียวแต่สามารถทำ carrier phase measurement ได้ ระดับความถูกต้องของค่าพิกัดแบบจลน์ก็ยังคงสูงกว่าที่ได้จากSBAS เช่นที่รายงานโดย Bree & Tiberius (2012) ว่ามีระดับความถูกต้องของตำแหน่งทางราบที่ 30 เซนติเมตร และทางดิ่งที่ 65 เซนติเมตร (ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%) และ Le & Tiberius (2007)รายงานว่ามีระดับความถูกต้องตำแหน่งทางราบที่ 20 เซนติเมตร และทางดิ่งที่ 50 เซนติเมตร (ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%)เครื่องรับแบบความถี่เดียวที่สามารถทำ carrier phase measurement มีข้อดีคือราคาถูกกว่าเครื่องรับแบบสองความถี่

PPP สามารถให้ความถูกต้องดีกว่า 2 เซนติเมตร เมื่อรังวัดแบบสถิตย์และรอจนครบเวลา Convergence period[4] หากเป็นการรังวัดแบบจลน์ เมื่อเทียบกับ RTK ที่ fixed ความถูกต้องทางตำแหน่งจะดีกว่า 10 เซนติเมตร ตารางที่ 1สรุประดับความถูกต้องทางตำแหน่งของ PPP ในรูปแบบ RMS (Root Mean Square) Bias (ค่าความคลาดเคลื่อนแบบคิดเครื่องหมาย)และ STD (Standard Deviation)ข้อมูลในตารางมีที่มาจาก Bisnath&Gao (2009)

ตารางที่1ระดับความถูกต้องทางตำแหน่งของ PPP (หน่วยเป็นเซนติเมตร) ที่มา Bisnath& Gao (2009)

ค่าสถิติ	รังวัดแบบสถิตย์			รังวัดแบบจลน์		
	ละติจูด	ลองติจูด	ความสูง	ละติจูด	ลองติจูด	ความสูง
RMS	0.9	1.0	0.7	2.8	6.8	4.9
Bias	0.8	0.3	0.0	-0.2	-1.5	-1.5
STD	0.3	0.9	0.7	2.8	6.7	4.6

PPP มีระยะเวลา Convergence periodที่ยาวนานกว่า RTK เช่น Bisnath& Gao (2009) รายงานว่าใช้เวลาถึง 30 นาที เพื่อให้ได้ระดับความถูกต้องทางราบดีกว่า 10 เซนติเมตร อย่างไรก็ตาม กำลังมีความพยายามศึกษาวิจัยแนวทางที่จะลด Convergence periodให้สั้นลง เช่น Bisnath& Gao (2009) ทำการทบทวนผลการศึกษาจากแหล่งต่าง ๆ ในยุโรปและสรุปว่า เมื่อรังวัด GPS และ Galileo พร้อมกันจะสามารถลดConvergence periodลงได้ครึ่งหนึ่งเมื่อเทียบกับกรณีใช้ GPS อย่างเดียวหรือผลการศึกษาจาก Li et al.(2015) ระบุว่าเมื่อใช้รวมดาวเทียมทั้ง 4 ค่ายร่วมกัน (GPS+Galileo+GLONASS+Beidou) จะทำให้ Convergence periodลดลงเหลือเพียง 11 นาที (ความถูกต้องทางราบดีกว่า 10 เซนติเมตรและทางดิ่งดีกว่า 20 เซนติเมตร)ผลการศึกษาในญี่ปุ่นโดยSuzuki, Kubo& Takasu (2014)ซึ่งใช้ดาวเทียม 3 ค่ายร่วมกัน (GPS+GLONASS+QZSS)และรับค่าแก้ผ่าน LEX (L-Band Experiment Signal) จากดาวเทียม QZSS ทำให้ PPP มีค่า RMS ของพิกัดทางราบที่ประมาณ 5 เซนติเมตร (รังวัดแบบสถิตย์) และพบว่าทำให้ Convergence periodสั้นลงมากเมื่อเทียบกับกรณีใช้ GPS อย่างเดียว

สำหรับผลการศึกษาที่ค่อนข้างครอบคลุมพื้นที่ในหลายประเทศและมีข้อมูลละเอียดเกี่ยวกับระดับความถูกต้องเชิงตำแหน่งของ PPP เป็นของ Heßelbarth (2013) ซึ่งใช้ข้อมูลสถานีอ้างอิงจาก 3 ประเทศ/ภูมิภาคคือ สหรัฐอเมริกา ยุโรป และญี่ปุ่น รวม 34 สถานี เก็บข้อมูลรังวัดเป็นระยะเวลา 101 วัน โดยสรุปพบว่า ค่า RMSของค่า North, East และ Up (รังวัดแบบสถิตย์ epoch-by-epoch) มีค่าต่ำกว่า 5, 8 และ 11 เซนติเมตรตามลำดับ และความถูกต้องเชิงตำแหน่ง (รังวัดแบบสถิตย์ต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง) ของค่า North, East และ Up มีค่าต่ำกว่า 1.2, 1.6 และ 3.2 เซนติเมตรตามลำดับในกรณีของประเทศไทยมีผลการศึกษาของ Andrei& Chinworapanya (2015) ซึ่งได้ศึกษาระดับความถูกต้องทางตำแหน่งของ PPP, RTK และ NetworkRTK และพบว่าทั้งสามเทคนิค (รังวัดแบบจลน์) มีความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งทางราบไม่เกิน 60 เซนติเมตร (ที่ระดับความเชื่อมั่น 98%)

---

[4]Convergence period คือช่วงระยะเวลาที่ระดับความถูกต้องของค่าพิกัดค่อย ๆ ดีขึ้นจนคงที่โดยปกติมักใช้เวลาหลายสิบนาที

เมื่อเทียบ PPP กับ Network RTK ในแง่สถานีอ้างอิง Network RTK นั้นใช้งานได้เฉพาะภายในพื้นที่ข่ายสามเหลี่ยมของสถานีอ้างอิง อีกทั้งอัลกอริธึมที่ใช้เป็นลักษณะมุ่งเน้นผลลัพธ์การคำนวณพิกัดให้ความถูกต้องสูงสุดภายในพื้นที่ของข่ายสามเหลี่ยมหรือหากเป็น RTK ธรรมดาซึ่งทำงานเป็นสถานีเดี่ยว (single station) ระดับความถูกต้องของพิกัดก็จะลดลงเรื่อย ๆ ตามระยะห่างจากrover ถึงสถานี นอกจากนี้ Network RTK ยังผูกพันโดยตรงกับสถานีอ้างอิงทุกสถานี กล่าวคือหากมีสถานีใดสถานีหนึ่งเกิดความเสียหายหรือหยุดทำงาน (เช่นเนื่องจากภัยธรรมชาติ) จะส่งผลกระทบโดยตรงกับข่ายสามเหลี่ยมและ rover ที่ทำงานอยู่ใกล้กับสถานีที่เสียหาย ในขณะที่ PPP นั้นได้รับการออกแบบให้ทนทานต่อการเสียหายของสถานี ซึ่งแม้จะมีบางสถานีอ้างอิงเสียหายก็จะไม่ส่งผลต่อการคำนวณพิกัดหรือบริการค่าแก้ของ rover อีกทั้ง rover ของ PPPสามารถทำงานข้ามไปมาระหว่างพรมแดนแต่ละประเทศได้เนื่องจาก PPP ใช้ระบบพิกัดอ้างอิงที่เป็นสากลร่วมกันระหว่างสถานีทั้งหมด

SBAS และ PPP มีทั้งคุณลักษณะเด่นและข้อจำกัด ตารางที่ 2 สรุปประเด็นการเปรียบเทียบระหว่าง SBAS PPP และ Network RTK (NRTK)

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบระหว่าง SBAS PPP และ NRTK

ประเด็นเปรียบเทียบ	NRTK	PPP	SBAS
1. ความถูกต้องของตำแหน่งทางราบ	(แบบสถิตย์) เซนติเมตร 2-1	(แบบสถิตย์) เซนติเมตร 2-1	ดีกว่า 1) เมตร 1sigma (
2. ระยะห่างระหว่างสถานีอ้างอิง	กิโลเมตร 30-20	ไม่มีข้อกำหนดตายตัว	ไม่มีข้อกำหนดตายตัว
3. พื้นที่ที่ค่าแก้สามารถให้ผลลัพธ์การคำนวณพิกัดที่ดี	เฉพาะภายในพื้นที่ครอบคลุมโดยข่ายสามเหลี่ยมของสถานีอ้างอิง	ทั่วโลก	พื้นที่ครอบคลุมสถานีอ้างอิงและพื้นที่รอบ ๆ
4. ชนิดการประมวลผลPseudorange	carrier-phase	carrier-phase	code-phase
5. ราคาเครื่องรับชิปเซ็ต/	สูง	สูง	ต่ำ
6. ระบบพิกัดอ้างอิง	ขึ้นกับระบบพิกัดที่สถานีอ้างอิง	ระบบพิกัดสากล ITRF	ขึ้นกับผู้ให้บริการ
7. รองรับโดย GNSS ในโทรศัพท์มือถือ	ไม่	ไม่	เริ่มมีการรองรับ
8. ความอิ่มตัวของเทคโนโลยี	อิ่มตัว (ระดับอุตสาหกรรม)	อิ่มตัว (ระดับอุตสาหกรรม)	อิ่มตัว (ระดับอุตสาหกรรม)
9. สื่อที่ใช้ส่งข้อมูล	วิทยุ VHF/อินเทอร์เน็ต	อินเทอร์เน็ต	ผ่านดาวเทียม
10. ข้อมูลค่าแก้ที่ต้องการจากสถานี/อ้างอิง	ข้อมูลรังวัดดิบจากสถานี	ค่าแก้ความคลาดเคลื่อนวงโคจรดาวเทียมและนาฬิกา	- ค่าแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศ - ค่าแก้ความคลาดเคลื่อนวงโคจรดาวเทียมและนาฬิกา

ค่าปรับแก้ความคลาดเคลื่อนวงโคจรและนาฬิกาดาวเทียมตามเวลาจริงสำหรับ PPP ได้มีการให้บริการแล้วโดยหลายหน่วยงานในหลายประเทศ เช่น The PPP-WIZARD project[5] ของฝรั่งเศสดำเนินการโดย Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) ระบบ Real-Time Clock Estimation (RETICLE) ของเยอรมนีซึ่งดำเนินการโดย Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)โครงการ Multi-GNSS Advanced Demonstration tool for Orbit and Clock Analysis (MADOCA)[6]ของญี่ปุ่นซึ่งดำเนินการโดย Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) ระบบ The Automatic Precise Positioning Service of the Global Differential GPS (GDGPS) System[7]ของสหรัฐอเมริกาซึ่งดำเนินการโดยNASA Jet Propulsion Laboratory (JPL)หรือในระดับสากลคือ Real-time Service (RTS)[8]ซึ่งดำเนินการโดย International GNSS Service (IGS) กระนั้นก็ตาม บริการเหล่านี้เปิดให้ใช้งานในลักษณะเพื่อการศึกษาทดลองมากกว่า

[5] http://www.ppp-wizard.net/ssr.html
[6] https://ssl.tksc.jaxa.jp/madoca/public/public_index_en.html
[7] http://www.gdgps.net/products/great-alert.html
[8] http://www.igs.org/rts

จะเป็นบริการสาธารณะเต็มรูปแบบ[9] โดยผู้ใช้ต้องทำการลงเบียนล่วงหน้าเพื่อขอบัญชีชื่อผู้ใช้และรหัสผ่าน และต้องมีเครื่องรับหรือซอฟต์แวร์ที่สามารถเข้าใจ NTRIP Protocol และสามารถประมวลผลแบบ PPPและต้องสามารถเชื่อมต่อเพื่อดึงค่าแก้ผ่านอินเทอร์เน็ต

ท่ามกลางบริการค่าปรับแก้ความคลาดเคลื่อนวงโคจรและนาฬิกาดาวเทียมข้างต้น MADOCAเป็นบริการที่เน้นส่งเสริมให้มีการศึกษาค้นคว้า PPP ในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกอย่างมาก MADOCAมีสถานีอ้างอิงจำนวน 17 สถานีกระจายอยู่ทั่วโลกTakasu (2013)มีศูนย์ประมวลผลกลางที่เมืองซูกุบะ ประเทศญี่ปุ่น ผู้ที่สนใจสามารถสมัครขอบัญชีผู้ใช้ได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย อนึ่ง นอกจากบริการค่าแก้ผ่านอินเทอร์เน็ตแล้วผู้ใช้ที่มีเครื่องรับที่รองรับคลื่น L-Band Experimental Signal (LEX) ก็สามารถรับค่าแก้ดังกล่าวแบบตามเวลาจริงผ่านดาวเทียม QZSS ของญี่ปุ่นโดยตรง ค่าแก้ทั้งที่ผ่านสื่ออินเทอร์เน็ตและดาวเทียมมีคุณภาพเท่ากันตัวอย่างงานวิจัยที่ศึกษาการใช้งาน LEX เพื่อประมวลผล PPP คือ Suzuki,Kubo& Takasu (2014) และ Harima, Choy, Li& Grinter (2014)

2. แนวโน้มโครงสร้างพื้นฐานภาคอวกาศ (Space Segment)

การปิดสัญญาณ SA ของระบบ GPS เมื่อพฤษภาคม ค.ศ. 2000 นับเป็นการเปลี่ยนแปลงครั้งสำคัญของการปรับปรุงบริการโครงสร้างพื้นฐานด้านอวกาศเนื่องจากส่งผลให้เครื่องรับแบบความถี่เดียวที่ใช้กันทั่วไปสามารถคำนวณพิกัดได้ที่ระดับความถูกต้องดีขึ้นถึง 10 เท่าโดยทันที (จาก 100 เมตร เป็น 10 เมตร โดยประมาณ) ผลจากการปิดสัญญาณ SA ทำให้รัฐบาลสหรัฐฯ ตระหนักถึงประโยชน์ของการให้บริการ GPS ในวงกว้าง และยังเป็นการกระตุ้นให้ประเทศอื่น ๆ เช่นรัสเซีย เห็นความสำคัญของ GNSS และเริ่มทยอยส่งดาวเทียมของตนขึ้นสู่อวกาศบ้าง

สิ่งที่น่าสนใจต่อไปคือในช่วงทศวรรษที่สองหลังจาก SA ถูกปิดลง ได้มีการปรับเปลี่ยนนโยบายเกี่ยวกับ GNSS ในภาคอวกาศอย่างมาก กล่าวคือสหรัฐอเมริกาได้ประกาศแผนการให้บริการคลื่นความถี่และสัญญาณนำหนสำหรับพลเรือนเพิ่มเติมอีกถึง 3 คลื่น (L2C L5 และ L1C) พร้อมทั้งยืนยันจุดยืนอย่างเป็นทางการในการพัฒนาสมรรถนะของสัญญาณนำหนเพื่อการใช้งานของพลเรือน ตัวอย่างเช่น การเร่งรัดเพิ่มสัญญาณ L5 เข้าไปในดาวเทียมดวงแรกของชุด GPS block IIFจนทำให้ ณ ธันวาคม 2015 มีดาวเทียมให้บริการ L5 อยู่ถึง 11 ดวง นอกจากนี้รัฐบาลสหรัฐฯ ยังได้อนุมัติงบประมาณว่าจ้างบริษัท Lockheed Martin ในการผลิตดาวเทียม GPS block III ซึ่งจะรองรับสัญญาณนำหนรุ่นล่าสุดสำหรับพลเรือนL1C(Fontana, 2001)นอกจากนี้L1C ยังการประกาศให้เป็นสัญญาณกลางสำหรับ Multi-GNSS อีกด้วย

ในทำนองเดียวกับรัฐบาลสหรัฐฯ หลายประเทศก็ได้ประกาศแผนพัฒนาระบบดาวเทียม GNSS และ/หรือ RNSS (Regional Navigation Satellite System) ของตน ซึ่งส่วนใหญ่จะเสร็จสมบูรณ์ภายในปี ค.ศ. 2020 ดังแสดงในรูปที่ 2ค่ายที่น่าสนใจมากคือGLONASS ของรัสเซียแม้ระบบจะบริการเต็มรูปแบบแล้วตั้งแต่ปี 2011แต่รัฐบาลรัสเซียก็ยังได้วางแผนพัฒนา GLONASS อย่างต่อเนื่อง โดยเมื่อมีนาคม 2012 ได้อนุมัติงบประมาณผูกพันต่อเนื่องสำหรับปี 2012-2020 เพื่อบำรุงรักษาดาวเทียมเดิมส่งดาวเทียมรุ่นใหม่รวมถึงการพัฒนาส่วนภาคพื้นดิน (GPS World staff, 2012)

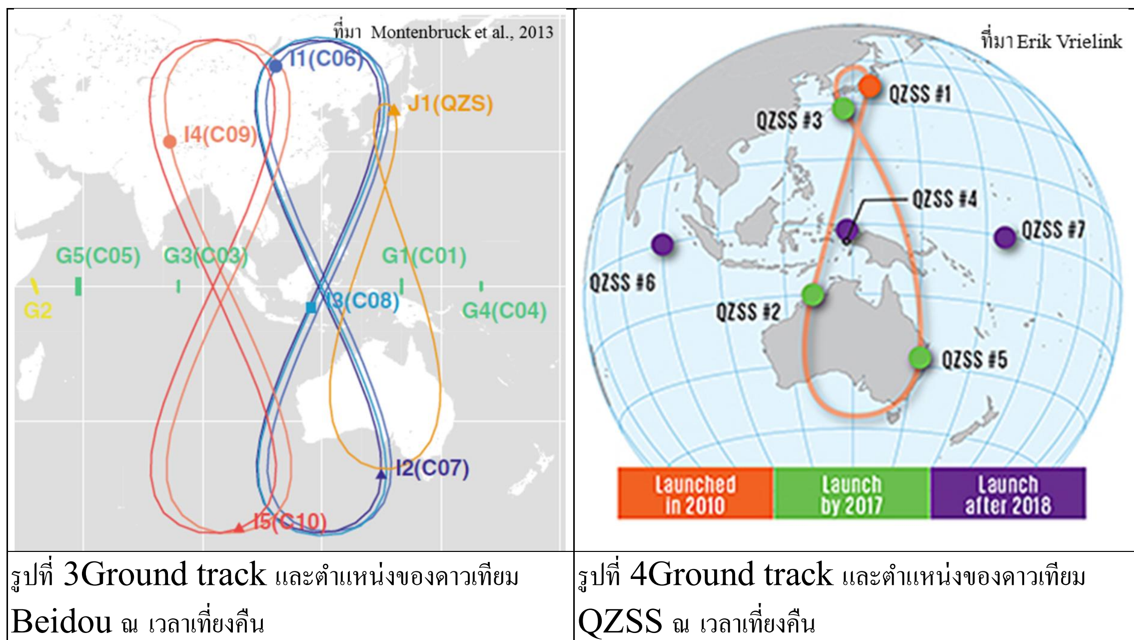


รูปที่ 2 ปีที่ GNSS ของประเทศต่าง ๆ จะเปิดให้บริการอย่างเป็นทางการ

[9]สามารถตรวจสอบจากภาคผนวกสำหรับรายชื่อบริษัทที่บริการ PPP ใช้เชิงพาณิชย์ได้

สำหรับสองประเทศสำคัญในภูมิภาคเอเชีย คือจีนและญี่ปุ่น จีนเริ่มต้นจากพัฒนาBeidou-1 เพื่อให้บริการเชิงทดลองในลักษณะ regional navigation system(เน้นบริการเฉพาะในทวีปเอเชีย) และต่อมาได้วางแผนจะพัฒนาเป็น Beidou-2ซึ่งจะมีพื้นที่บริการครอบคลุมได้ทั่วโลก (global navigation system) ภายในปี 2020รูปที่ 3(คัดลอกจาก Montenbruck et al., 2013) แสดงวงโคจรและตำแหน่งของดาวเทียม Beidou-1 ณ มีนาคม ค.ศ. 2012 Beidou-1 มี ground track เป็นรูปเลข 8 สมมาตรของดาวเทียมวงโคจรแบบ IGSO (Inclined Geosynchonous Orbit) จำนวน 5 ดวง (หมายเลข C06 ถึง C10) และยังมีดาวเทียมวงโคจรแบบ GEO (Geostationary Orbit)อีก 5 ดวง(หมายเลข C01 ถึง C05) จุดที่แสดงบน ground track คือตำแหน่งของดาวเทียม ณ เวลาเที่ยงคืน

ส่วนญี่ปุ่น ได้มีการส่งดาวเทียม QZSS ดวงแรก (วงโคจรแบบ IGSO) ไปเมื่อ กันยายน ค.ศ. 2010 (Japan Aerospace Exploration Agency, 2010)มีground trackเป็นรูปเลข 8 ไม่สมมาตรดังแสดงในรูปที่ 2 J1 (QZS) ญี่ปุ่นยังมีแผนจะส่งเดิมเทียมเพิ่มอีก 3 ดวงในวงโคจรเดิมภายในปี 2018 เพื่อให้มีสัญญาณดาวเทียมบริการตลอด 24 ชั่วโมงสำหรับผู้ใช้ในภูมิภาค Asia&Oceania เป็นหลัก นอกจากนี้ญี่ปุ่นยังอยู่ในระหว่างเตรียมการส่งดาวเทียมค้างฟ้าอีก 3ดวง (QZSS #4 #6 และ #7) เพื่อเน้นให้บริการค่าแก้แก่พื้นที่ในแถบในภูมิภาค Asia&Oceaniaรูปที่ 4 แสดง ground track และตำแหน่งดาวเทียม QZSS ณ เวลาเที่ยงคืน



รูปที่ 3Ground track และตำแหน่งของดาวเทียม Beidou ณ เวลาเที่ยงคืน	รูปที่ 4Ground track และตำแหน่งของดาวเทียม QZSS ณ เวลาเที่ยงคืน

3.1 แนวโน้มโครงสร้างพื้นฐานคลื่นนำหน

ความถี่ของคลื่นพาหะ (carrier frequency) ที่ใช้สำหรับส่งข้อมูลนำหนอยู่ในช่วง L-Band ของคลื่นวิทยุซึ่งมีช่วงความถี่ประมาณ 1,000-2,000 MHz. (ความยาวคลื่น 0.15-0.30 เมตร) L-Band เป็นช่วงคลื่นที่สามารถทะลุผ่านชั้นบรรยากาศและทนทานต่อปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในชั้นบรรยายกาศ เช่น เมฆ ฝน และหิมะ อีกทั้งยังอยู่ในช่วงคลื่นที่เกิดความล่าช้าสัญญาณ (signal delay) ในชั้นไอโอโนสเฟียร์ต่ำกว่าช่วงคลื่นอื่น ๆ (Ogaja, 2011)

ตารางที่ 3 แสดงความถี่กลาง (center frequency) ของคลื่นพาหะที่ GNSS แต่ละระบบใช้งานอยู่ (หรือวางแผนจะใช้งาน) จากตารางจะเห็นว่าความถี่ 1176.45 MHz. เป็นความถี่ที่ใช้งานโดย GNSS ทุกระบบ เนื่องจากได้รับการผลักดันจากสหรัฐอเมริกาให้เป็นความถี่ใหม่สำหรับพลเรือนโดยเฉพาะโดยในกรณี GPS ใช้ความถี่นี้ส่งสัญญาณนำหน L5 ซึ่งได้รับการออกแบบมาให้มีกำลังส่งที่สูงขึ้น มี bandwidth ที่กว้างกว่า L1 นอกจากนี้หากเครื่องรับสามารถประมวลผลคลื่นพลเรือน 3 คลื่นพร้อมกัน (L5, L1 C/A,และ L2C) จะทำให้สามารถได้ค่าพิกัดที่มีความถูกต้องต่ำกว่าเมตรได้โดยไม่ต้องอาศัยบริการค่าแก้ (U.S. Air Force, 2015)

ส่วนความถี่ 1575.42 MHz. เป็นความถี่ดั้งเดิมที่ใช้งานโดยระบบ GPS มาตั้งแต่ยุคเริ่มแรกมีอุปกรณ์และเครื่องรับที่รองรับความถี่ดังกล่าวเป็นจำนวนมากระบบGNSS ส่วนใหญ่จึงเลือกส่งสัญญาณนำหนผ่านคลื่นพาหะนี้ ถึงแม้จะเป็นเป็นความถี่ดั้งเดิมแต่สหรัฐอเมริกาได้ออกข้อกำหนดการเชื่อมต่อใหม่สำหรับการส่งสัญญาณนำหน L1C (เป็นคนละสัญญาณกับ L1 C/A)เรียกว่าInterface Specification IS-GPS-800 (U.S. Air Force, 2013) โดยข้อกำหนดดังกล่าวนอกจากจะได้รับการออกแบบให้มีประสิทธิภาพในการนำหนสูงขึ้นแล้วยังรองรับการทำงานร่วมกันได้กับระบบ GNSS อื่น ๆ คือ Galileo ของยุโรปและ QZSS ของญี่ปุ่น (Betz et al., 2006) ดังนั้นคลื่นพาหะ 1575.42 MHz.และสัญญาณนำหน L1C จึงได้รับการคาดการณ์ว่าจะเป็นคลื่นพาหะและสัญญาณนำหนสำหรับการใช้งาน Multi-GNSSร่วมกัน (Betz et al., 2006)

ตารางที่ 3 แสดงความถี่กลางของคลื่นพาหะที่ใช้งานโดยดาวเทียม GNSS/RNSSระบบต่าง ๆ

ความถี่กลาง; Center freq. (MHz.)	ระบบดาวเทียม; Constellation					
	Beidou)จีน(	Galileo)ยุโรป(	GPS (สหรัฐฯ)	GLONASS)รัสเซีย(	IRNSS)อินเดีย(	QZSS)ญี่ปุ่น(
1176.45	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1202.025				✓		
1207.14	✓	✓				
1227.60			✓			✓
1246.00				✓		
1248.06				✓		
1268.52	✓					
1278.75		✓				✓
1561.098	✓					
1575.42	✓	✓	✓	✓		✓
1600.995				✓		
1602.00				✓		

3.2 แนวโน้มโครงสร้างพื้นฐานคลื่นเสริม (Augmentation Signal)

คลื่นเสริมเป็นคลื่นที่ใช้ส่งข้อมูลเสริม (augmentation) สำหรับช่วยปรับแก้ให้การคำนวณค่าพิกัดมีความละเอียดถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น ในปัจจุบันหลายประเทศและภูมิภาคเริ่มมีการให้บริการข้อมูลเสริมของตนเอง ข้อมูลเสริมเหล่านี้มีข้อกำหนดมาตรฐานเปิดเผยเอาไว้แล้ว เช่น ระบบ Wide Area Augmentation System ของสหรัฐอเมริกา (Federal Aviation Administration, 2008)และระบบ QZSS Submeter-class Augmentation with Integrity Function ของญี่ปุ่น (Sakai, Fukushima & Ito, 2009) เนื้อหาในส่วนนี้จะได้อธิบายถึงระบบส่วนเสริมซึ่งใช้ดาวเทียมเป็นฐาน (Satellite-Based Augmentation Systems; SBAS)โดยเน้นถึงความสามารถ ข้อจำกัด และรูปแบบการบูรณาการ

คำว่า“Satellite Based” บ่งบอกว่าข้อมูลส่งผ่านมาทางดาวเทียม (ในระบบหรือเทคนิคอื่นอาจส่งผ่านช่องทางอื่นเช่นอินเทอร์เน็ตหรือคลื่นวิทยุVHF) คำว่า“Augmentation” หมายถึงข้อมูลเสริมเพิ่มเติมจากข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นในการคำนวณพิกัดข้อมูลเสริมนี้เองคือค่าแก้ที่ใช้ปรับแก้การคำนวณพิกัดข้อมูลเสริมหรือค่าแก้นี้ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ 1) ค่าแก้ความคลาดเคลื่อนของวงโคจร 2) ค่าแก้ความคลาดเคลื่อนนาฬิกาดาวเทียม และ 3) ค่าแก้สำหรับความล่าช้าสัญญาณเนื่องจากบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์[10] ค่าแก้ทั้ง 3 นี้ใช้ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนในการวัดระยะทางระหว่างดาวเทียมและเครื่องรับบนพื้นโลกซึ่งส่งผลสืบเนื่องให้คำนวณค่าพิกัดได้ถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

---

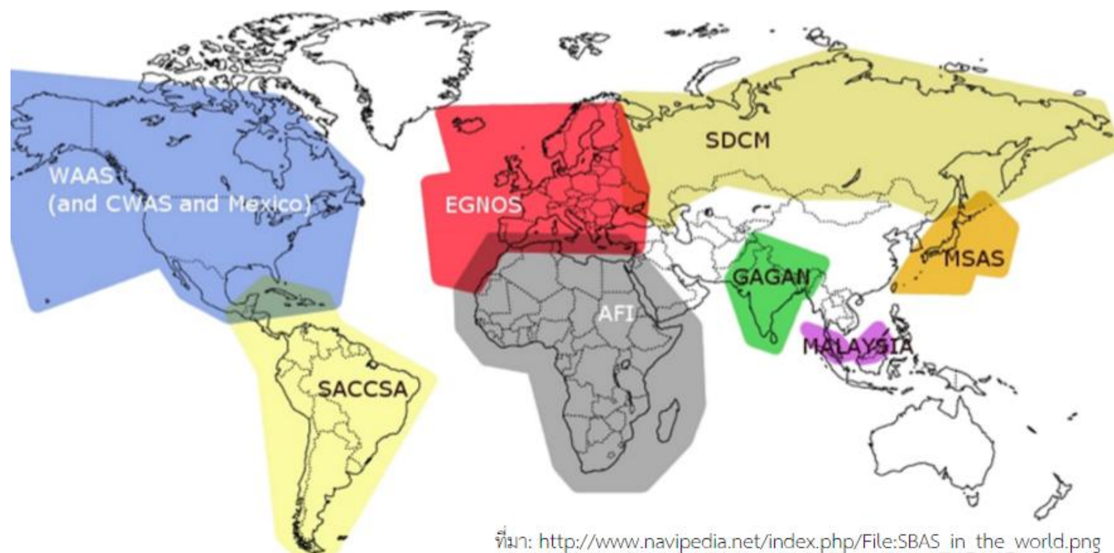
[10]ชั้นบรรยายกาศไอโอโนสเฟียร์ทำให้การวัดระยะทางคลาดเคลื่อนเนื่องจากบรรยากาศชั้นนี้ประกอบไปด้วยอิออนและอิเล็กตรอนอิสระจำนวนมาก ซึ่งส่งผลให้เกิดความล่าช้าต่อสัญญาณนำหน โดยปกติชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์จะทำให้วัดระยะทางผิดไปได้ตั้งแต่ไม่กี่เมตรไปจนถึงหลัก

ค่าแก้จาก SBAS จะทำให้ค่าความถูกทางตำแหน่งดีขึ้นมาก เช่น ระบบ WAAS ของสหรัฐอเมริกาทำได้ 1.6 เมตร ทั้งทางราบและทางดิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในขณะที่ความถูกต้องปกติของพิกัดจาก GPS ตามข้อกำหนด Standard Positioning Service (SPS) ของกระทรวงกลาโหมสหรัฐฯ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%อยู่ที่ 9 เมตร สำหรับตำแหน่งทางราบ และ 15 เมตรสำหรับทางดิ่ง (William, 2014)

ในปัจจุบันมีหลายประเทศที่ให้บริการ SBAS (มักจะบริการเฉพาะในพื้นที่ของประเทศหรือภูมิภาคตนเป็นหลัก) เช่น ระบบ WAAS ในพื้นที่ประเทศสหรัฐอเมริกาแคนาดาและอเมริกากลาง ระบบ EGNOS ในพื้นที่สหภาพยุโรป (European GNSS Agency, 2015) ระบบ MSAS ในพื้นที่ประเทศญี่ปุ่น (Shimamura, 1999) ระบบ GAGAN ในพื้นที่ประเทศอินเดีย (Rao, 2007) และระบบ SDCM ในพื้นที่ประเทศรัสเซีย (Stupak, 2010)

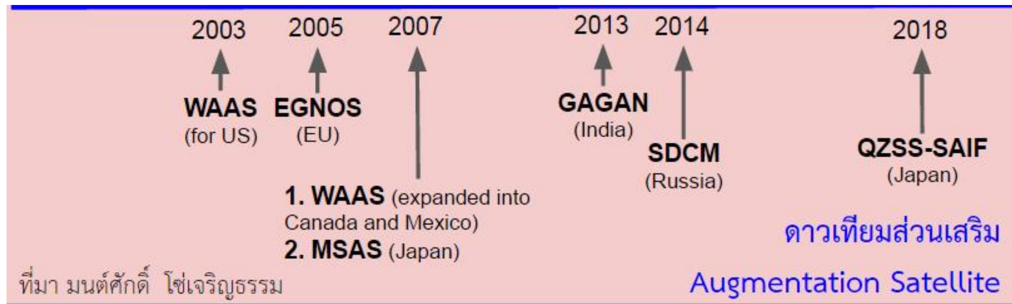
ประเทศหน้าใหม่อีกหลายประเทศ เช่น จีน มาเลเซีย และ เกาหลี กำลังพยายามพัฒนาระบบ SBAS ของตนเอง เช่นกันอย่างไรก็ตาม ยังไม่พบรายละเอียดของแผนดำเนินการที่เผยแพร่อย่างเป็นทางการ รูปที่ 5แสดงพื้นที่ครอบคลุมของ SBAS ในภูมิภาคต่าง ๆ ของโลกที่มีให้บริการแล้วคือ EGNOS, GAGAN, MSAS, SDCM, และ WAASระบบที่กำลังอยู่ระหว่างการศึกษาความเป็นไปได้คือSACCSA(ทวีปอเมริกาใต้)AFI(แอฟริกา) และมาเลเซีย (ยังไม่มีการตั้งชื่อระบบ)

รูปที่ 6แสดงเส้นเวลา (timeline) การให้บริการ SBAS ของประเทศต่าง ๆสังเกตว่าญี่ปุ่นกำลังมีโครงการพัฒนา SBAS ตัวใหม่ผ่านดาวเทียมชื่อ QZSS ซึ่งได้รับการออกแบบให้สามารถบริการค่าแก้เพื่อความถูกต้องทางตำแหน่งในระดับที่ดีกว่า 1 เมตร(Sakai,Fukushima,Takeichi& Ito, 2007) ดาวเทียม QZSS มีแผนเปิดให้บริการเป็นทางการภายในปี 2018รูปที่ 7ซ้ายแสดงมุมระดับ (elevation) และมุมราบ (azimuth) ของดาวเทียม QZSS และรูปที่ 7 ขวา แสดงแผนภูมิค่าการเปลี่ยนแปลงของมุมระดับตามเวลา UTC (ขวา) โดยเป็นการจำลองการสังเกต ณ สถานีอ้างอิงที่กรุงเทพฯ(Latitude 14.0823, Longitude 100.6130) รูปมีที่มาจาก Japan Aerospace Exploration Agency (2014)

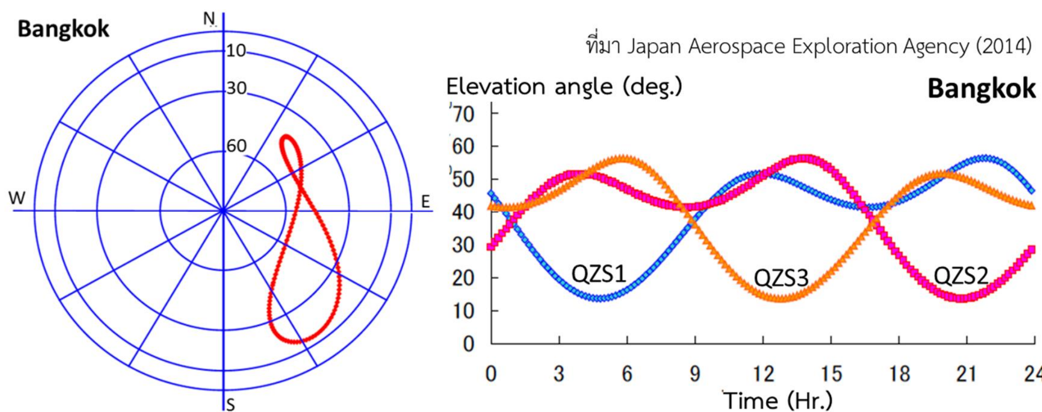


รูปที่ 5 พื้นที่บริการของ SBAS

ร้อยเมตร ปริมาณของอิเล็กตรอนยิ่งมากจะยิ่งทำให้เกิดความล่าช้าสัญญาณมากขึ้น



รูปที่ 6Timeline ของ SBAS ที่เปิดให้บริการเป็นทางการ



รูปที่ 7แผนภูมิมุมระดับและมุมราบ (ซ้าย) และกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของมุมระดับของดาวเทียม QZSS ทั้ง 3 ดวงตามเวลา UTC (ขวา) จำลองการสังเกต ณ สถานีอ้างอิงที่กรุงเทพฯ

สำหรับในระดับสากลนั้น องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO: International Civil Aviation Organization) เป็นหน่วยงานกลางที่ทำหน้าที่รับรองมาตรฐานการให้บริการ SBAS (ผู้สนใจสามารถศึกษาเพิ่มเติมจาก Roturier, Chatre & Ventura-Traveset(2001)ซึ่งอภิปรายประเด็นทางเทคนิคเกี่ยวกับ SBASที่สืบเนื่องกับ ICAO)อย่างไรก็ตาม ด้วยความที่ SBAS และ GNSS มีพัฒนาที่รวดเร็วตั้งแต่ปี 2000 เป็นต้นมา จึงมีแนวคิดในการบูรณาการและพัฒนามาตรฐานใหม่ ๆ เพื่อให้ SBAS มีประสิทธิภาพมากขึ้นและเพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้บริการเสมือนหนึ่งว่าเป็นระบบนำหนเดียวกันทั่วโลกในการนี้สหภาพยุโรปและสหรัฐอเมริกาได้ร่วมกันจัดตั้งคณะกรรมการชื่อ SBAS Interoperability Working Groupซึ่งประกอบด้วยประเทศสมาชิกทั้งที่มีบริการ SBAS แล้ว และที่ยังอยู่ระหว่างศึกษาพัฒนา SBAS คณะกรรมการชุดนี้ประชุมปีละ 2 ครั้ง การประชุมครั้งที่สำคัญที่สุดครั้งหนึ่งคือการประชุมครั้งที่ 28 ระหว่างวันที่1-3เมษายน ค.ศ. 2015 ที่ประชุมได้มีมติเป็นเอกฉันท์เห็นชอบให้เพิ่มคลื่นความถี่ที่สองสำหรับบริการ SBAS (1176.45MHz.)คู่ขนานกับความถี่เดิม (1575.42 MHz.) นอกจากนี้ ยังมีการปรับปรุงข้อกำหนดต่าง ๆ เพื่อให้ SBAS สามารถรองรับระบบดาวเทียมหลายค่ายและหลายความถี่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเครื่องรับมีการเคลื่อนผ่านพื้นที่รอยต่อระหว่าง SBAS ของแต่ละประเทศ ร่างมาตรฐานนี้ได้รับการเสนอครั้งแรกตั้งแต่การประชุมครั้งที่ 19 ที่ญี่ปุ่น เมื่อ ค.ศ. 2010 และใช้เวลาเกือบ 5 ปี ในการหารือและปรับแก้จนได้ข้อสรุป มาตรฐานดังกล่าวอยู่ระหว่างพิจารณาโดยICAO เพื่ออนุมัติให้เป็นมาตรฐานสากลอย่างเป็นทางการต่อไปจะเห็นได้ว่านานาชาติกำลังตื่นตัวเพื่อทำให้ SBAS ของนานาชาติสามารถบูรณาการเข้าด้วยกันได้

3. แนวโน้มโครงสร้างพื้นฐานภาคพื้นดิน (Ground Segment)

โครงสร้างพื้นฐานภาคพื้นดินในบทความส่วนนี้หมายถึงโครงข่ายของสถานีถาวรสำหรับรังวัดและติดตามดาวเทียมอย่างต่อเนื่อง (CORS) เพื่อให้ทราบถึงความเปลี่ยนแปลงของชั้นบรรยากาศ ความคลาดเคลื่อนของวงโคจรและนาฬิกาดาวเทียม ข้อมูลรังวัดจาก CORS อาจประยุกต์ใช้ได้หลากหลายด้าน เช่น การพยากรณ์อากาศและติดตามการเคลื่อนตัวของ

เปลือกโลก อย่างไรก็ตาม ในบทความนี้จะเน้นอภิปรายเฉพาะการใช้ข้อมูล CORS สำหรับสร้างบริการค่าแก้ เพื่อให้การคำนวณพิกัดของเครื่องรับฝั่งผู้ใช้มีความถูกต้องสูงขึ้นกว่าการคำนวณพิกัดแบบ absolute point positioning ตามปกติ

สหรัฐอเมริกาเป็นประเทศแรก ๆ ของโลกในการพัฒนา CORS ในขณะที่ญี่ปุ่นเป็นประเทศที่ถือได้ว่ามีจำนวน CORS หนาแน่นที่สุดในโลก ในส่วนนี้จึงจะเน้นที่สองประเทศนี้เป็นหลัก

ณ สิงหาคม 2015 สหรัฐอเมริกามี CORS กระจายอยู่ทั่วประเทศกว่า 2,000 สถานี (National Geodetic Survey, 2015)ควบคุมดูแลโดยหน่วยงานหลากหลาย ประกอบด้วยองค์กรเอกชน หน่วยงานรัฐ และสถาบันการศึกษา กว่า 200 หน่วยงาน แต่ละหน่วยงานทำการลงทุนติดตั้งและบำรุงรักษา CORS ของตนเอง และแบ่งปันข้อมูลรังวัดของตนให้กับโครงข่าย CORS แห่งชาติภายใต้การดำเนินงานของ National Geodetic Survey (NGS)[11] บทบาทของโครงข่าย CORS แห่งชาติ คือ รวบรวม วิเคราะห์ ประมวล จัดทำคลังข้อมูล และให้บริการผลการคำนวณกลับสู่หน่วยงานที่แบ่งปันข้อมูลดังกล่าวโดยมีคิดค่าใช้จ่าย นอกจากนี้ NGS ยังให้บริการแก่นักสำรวจและทำแผนที่ นักภูมิสารสนเทศ วิศวกร นักวิทยาศาสตร์ ตลอดจนบุคคลทั่วไปในสหรัฐอเมริกาอีกด้วย ทำให้กลุ่มผู้ใช้เหล่านี้ได้รับค่าพิกัดที่มีความละเอียดถูกต้องมากขึ้นในระดับเซนติเมตร(ประมวลผลแบบ post processing)NGS ยังได้จัดเตรียมเอกสารคำแนะนำในการจัดตั้ง CORS และส่งข้อมูลมายัง NGS เผยแพร่ไว้ในเอกสาร Guidelines for New and Existing Continuously Operating Reference Stations (National Geodetic Survey, 2013)

บริการพิกัดจาก NGS อ้างอิงกับระบบพิกัดกลางของประเทศ (National Spatial Reference System) ที่ชื่อว่า North American Datum ปี1983 (NAD 1983)เพื่อให้ผู้ใช้สามารถแปลงระบบพิกัดจาก NAD 1983 มาเป็นระบบพิกัดสากลได้ NGSยังจัดเตรียมข้อมูล orientation, scaleและ offsetตลอดจนข้อมูลย้อนหลังการเปลี่ยนแปลงของค่าปรับแก้ระบบพิกัด NAD 1983ดังกล่าวเพื่อการศึกษาวิจัยในปัจจุบันเครือข่าย CORS แห่งชาติของสหรัฐอเมริกายังคงมีหน่วยงานและสถานีใหม่เข้าร่วมอย่างต่อเนื่อง

สำหรับประเทศญี่ปุ่น หน่วยงาน Geospatial Information Authority of Japan (ชื่อเดิมGeographical Survey Institute: GSI) เป็นหน่วยงานหลักตามกฎหมาย ทำหน้าที่จัดสร้างและบำรุงรักษาเครือข่าย CORS รวมทั้งรวบรวมและประมวลผลข้อมูลเพื่อให้บริการแก่ภาครัฐ เอกชน ตลอดจนบุคคลทั่วไป

GSI เริ่มดำเนินการสร้างเครือข่าย CORS ของประเทศในปี 1993 แล้วเสร็จในปี 1994 จำนวน 110 สถานี (Sagiya, 2004) สถานีในขณะนั้นครอบคลุมเพียงพื้นที่โตเกียวและโตไกโดยมีจุดประสงค์เพื่อใช้ตรวจจับการเกิดแผ่นดินไหวในโตเกียวและตำบลใกล้เคียงซึ่งเป็นพื้นที่สำคัญทางเศรษฐกิจและเสี่ยงต่อการเกิดแผนดินไหว

ต่อมาในปี 1995 เกิดแผ่นดินไหวครั้งใหญ่ที่เมืองโกเบ เป็นเหตุให้มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตกว่า 50,000 คน และมีอาคารบ้านเรือนเสียหายเกือบ 700,000 หลัง เหตุการณ์ครั้งนั้นทำให้รัฐบาลญี่ปุ่นจำเป็นต้องหาทางบูรณเมืองอย่างเร่งด่วนและเป็นอาณาบริเวณกว้าง มีงานพื้นฐานสำคัญคือการรังวัดค่าพิกัด เพื่อการทำแผนที่ สร้างถนน ทางรถไฟ ก่อสร้างอาคาร และรังวัดที่ดินต่าง ๆ จากการเอกสารการบรรยายของ Dr.Tetsuro IMAKIIRE (Senior Executive Officer forGlobal Geospatial Information Management, GSI)ในการประชุมร่วมกับนักวิจัยที่ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เมื่อกุมภาพันธ์ 2015) รัฐบาลญี่ปุ่นในขณะนั้นได้จัดตั้งสถานีอ้างอิงชั่วคราวจำนวน 8 สถานี ในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหว เพื่อบริการค่าแก้เป็นการสาธารณะสำหรับคำนวณพิกัดความถูกต้องระดับเซนติเมตร เป็นระยะเวลา 394 วัน มีจำนวนผู้ใช้ทั้งหมด 167 คน/องค์กร ในจำนวนนี้เป็นบริษัทด้านการสำรวจและแผนที่จำนวน 77 บริษัท โดยสรุปมีการดาวน์โหลดข้อมูลไปใช้จำนวนถึง 5,411 ครั้ง/ชุดข้อมูล

หลังจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่โกเบ รัฐบาลญี่ปุ่นได้ตระหนักว่าจะต้องมีเครือข่าย CORS ที่สามารถทำหน้าที่ตรวจจับการเกิดแผ่นดินไหวครอบคลุมทั้งประเทศอย่างถาวรดังนั้นในปีเดียวกันนั้นเอง รัฐบาลญี่ปุ่นจึงได้ตัดสินใจลงทุนสร้างโครงข่าย CORS เพิ่มเติมจากเดิมอีก 400 สถานี เสร็จสิ้นในเวลาเพียง 1 ปี และเปิดให้ใช้งานในปี 1996 พร้อมทั้งมีชื่อโครงข่ายเป็นทางการว่า GEONET (Hashimoto et al., 1997)ตามข้อมูล ณ มกราคม 2015GEONET มีCORS ทั่วประเทศแล้วกว่า 1,300 สถานี (Miyahara et al., 2014) โดยมีระยะห่างเฉลี่ยระหว่างสถานี 20 กิโลเมตรโดยประมาณ

GSI ให้บริการข้อมูลจาก GEONETราย 30 วินาที แบบ post processing กับสาธารณะโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายและยังได้ให้สัมปทานกับเอกชนเข้ามานำข้อมูลของ GEONET ไปให้บริการเชิงพาณิชย์สำหรับผู้ที่ต้องการข้อมูลตามเวลาจริงแบบราย

[11] National Geodetic Survey เป็นหน่วยงานรัฐภายใต้ National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ของสหรัฐอเมริกา

วินาทีเพื่อคำนวณค่าพิกัดตามเวลาจริง (real-timeprocessing) อีกด้วยข้อมูลทางเทคนิคของGEONET และผลการทดสอบต่าง ๆ สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จาก Hatanaka et al. (2003)

จากตัวอย่างของสหรัฐอเมริกาและญี่ปุ่น จะเห็นว่าสองประเทศนี้มีแนวทางการจัดสร้างและบำรุงรักษาข้อมูลจาก CORS ที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน กล่าวคือ CORS ในสหรัฐอเมริกาดูแลรับผิดชอบโดยหลายหน่วยงานเป็นอิสระจากกันในขณะที่ญี่ปุ่น มี GSI ซึ่งเป็นหน่วยงานกลางของประเทศทำหน้าดูแลรับผิดชอบ CORS เพียงหน่วยงานเดียว อย่างไรก็ตามทั้งสองประเทศมีหน่วยงานกลางหน่วยงานเดียวทำหน้าที่รวบรวมและประมวลผลข้อมูลจาก CORSทั้งสองประเทศมีนโยบายที่เหมือนกันคือสนับสนุนการใช้งาน CORS และข้อมูลที่เป็นผลิตภัณฑ์จาก CORS เพื่อหน่วยงานรัฐ เอกชนและบุคคลทั่วไปอย่างเสรี

4. แนวโน้มเครื่องรับ GNSS และผู้ใช้

เป็นที่ทราบดีว่าเครื่องรับ GNSS แบบสองความถี่ (dual-frequency) มีสมรรถนะที่สูงกว่าแบบความถี่เดียว(single-frequency) มาก เนื่องจากสามารถรับและประมวลผลสัญญาณอย่างน้อยสองความถี่พร้อมกันจากดาวเทียมแต่ละดวง จึงทำให้สามารถกำจัดความคลาดเคลื่อนเนื่องจากสัญญาณล่าช้าในชั้นไอโอโนสเฟียร์ได้ในตัวเอง อีกทั้งยังใช้การวัดระยะด้วย carrier-phase(เครื่องรับความถี่เดียวมักใช้ code-phase) จึงทำให้สามารถวัดระยะ Pseudorange ไปยังดาวเทียมได้แม่นยำขึ้นมาก (ประมาณ 1,000 เท่า) ในอดีตคลื่นพาหะสำหรับการใช้งานของพลเรือนก็มีจำกัดเพียงหนึ่งความถี่ในแต่ละค่าย (เช่น 1,575.42 MHz. กรณี GPS และ 1,602 MHz. กรณี GLONASS) เครื่องรับ GNSS สำหรับผู้ใช้ทั่วไปจึงรองรับเพียงความถี่เดียว ส่วนเครื่องรับแบบสองความถี่มีราคาสูงมากเนื่องจากต้องเสียค่าลิขสิทธิ์สำหรับอัลกอริธึมเฉพาะที่ใช้รับประมวลผลคลื่นนำหนของกองทัพ เครื่องรับแบบสองความถี่มีการใช้งานเฉพาะในกลุ่มงานรังวัดขั้นสูงหรือทางวิทยาศาสตร์เป็นส่วนใหญ่

ในยุคแรกเริ่มของ GNSS เครื่องรับแบบสองความถี่มีใช้งานเฉพาะในกองทัพเท่านั้น เนื่องจากข้อมูลนำหนในคลื่นความถี่ที่สองถูกเข้ารหัสและสงวนให้ใช้ในเฉพาะกิจการของกองทัพ แต่ด้วยความต้องการใช้งานพิกัดความละเอียดสูงของภาคพลเรือน บริษัทผู้ผลิตเครื่องรับจึงคิดค้นหาทางใช้งานความถี่ที่สองโดยไม่จำเป็นต้องถอดรหัสข้อมูลนำหนเทคนิคที่ใช้เพื่อการนี้เรียกว่า codeless (Dunnet al., 1993)และ semi-codeless (Woo, 1999)บริษัทผู้ผลิตเครื่องรับต่างก็จดสิทธิบัตรการประดิษฐ์ของเทคนิคเหล่านี้เพื่อให้ได้รับการคุ้มครอง ตัวอย่างสิทธิบัตร เช่น Keegan (1970)Lennen (1997) Eerola (1998) และRenard (2001)สิทธิบัตรเหล่านี้เป็นปัจจัยหลักปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เครื่องรับแบบสองความถี่มีราคาสูงมาก (หลายแสนถึงหลายล้านบาท) สิทธิบัตรเหล่านี้ยังเป็นอุปสรรคต่อผู้ผลิตรายใหม่ที่ต้องการเข้าสู่ตลาดเพื่อแข่งขันผลิตเครื่องรับ

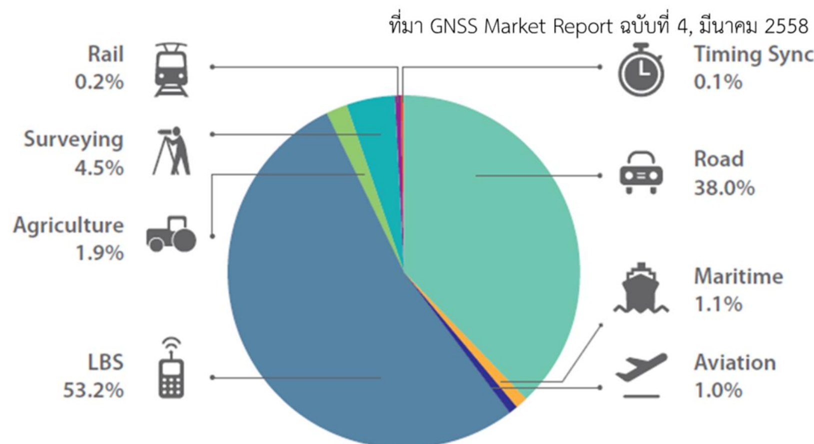
อย่างไรก็ตาม เมื่อมาถึงยุคของ Multi-GNSS สภาวะการจำกัดการใช้งานคลื่นนำหนของพลเรือนกำลังเปลี่ยนไปผลจากการแข่งขันระหว่างประเทศผู้ให้บริการ GNSS ทำให้โครงสร้างพื้นฐานคลื่นนำหนสำหรับพลเรือนได้รับการพัฒนาและส่งเสริมอย่างมาก มีการเพิ่มคลื่นนำหนรุ่นใหม่ที่ไม่มีการเข้ารหัส สิทธิบัตรเกี่ยวกับ codeless และ semi-codeless ที่จดไว้ตั้งแต่ช่วงทศวรรษที่ 1990’s กำลังทยอยหมดอายุการคุ้มครอง (โดยทั่วไปสิทธิบัตรมีอายุคุ้มครอง 20 ปี นับจากวันที่ยื่นจด) ประเทศผู้ให้บริการ GNSS ต่างก็ส่งเสริมให้เกิดการผลิตเครื่องรับที่รองรับ GNSS ของตนโดยการเผยแพร่เอกสารทางเทคนิคที่เรียกว่า Interface Control Documents ซึ่งอธิบายโครงสร้างสัญญาณ GNSS พร้อมทั้งให้ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับใช้ในการผลิตเครื่องรับGNSSตัวอย่างเช่น U.S. Air Force (2015) ของสหรัฐอเมริกาChina National Space Administration (2013) ของจีน Japan Aerospace Exploration Agency (2014) ของญี่ปุ่นEuropean GNSS (2010)ของยุโรป และRussian Institute of Space Device Engineering (2008) กับ Russian Federal Space Agency (2012) ของรัสเซีย ปัจจัยเหล่านี้จะส่งผลให้เครื่องรับแบบสอง (หรือสาม) ความถี่ มีราคาถูกลงมากในไม่ช้า จะมีผู้ผลิตเครื่องรับรายใหม่ ๆ เข้าสู่ตลาดได้อีกจำนวนมาก และจะมีแรงจูงใจให้วิจัยและพัฒนาเสารับสัญญาณแบบสองความถี่รุ่นใหม่ซึ่งมีขนาดเล็กลงเพื่อให้สามารถใช้งานกับอุปกรณ์หรือผู้ใช้งานทั่วไปได้สะดวก (เช่นโทรศัพท์มือถือ หรืออุปกรณ์ติดตามยานพาหนะ) ทั้งนี้อุปกรณ์หรือผู้ใช้งานทั่วไปถือเป็นตลาดที่มีการเติบโตสูงมาก

เพื่อให้เห็นภาพการเจริญเติบโตของการใช้งาน GNSS เนื้อหาต่อจากนี้อภิปรายข้อมูลจากรายงานการศึกษาแนวโน้มตลาด GNSS (European GNSS Agency, 2010) ซึ่งเป็นรายงานที่สำนักงาน GNSS แห่งยุโรปจัดทำเผยแพร่สู่สาธารณะทุก 1-2 ปี เพื่อรายงานแนวโน้มการเติบโตของตลาด GNSS ของโลกทั้งในภาพรวมและแยกตามประเภทการประยุกต์ใช้

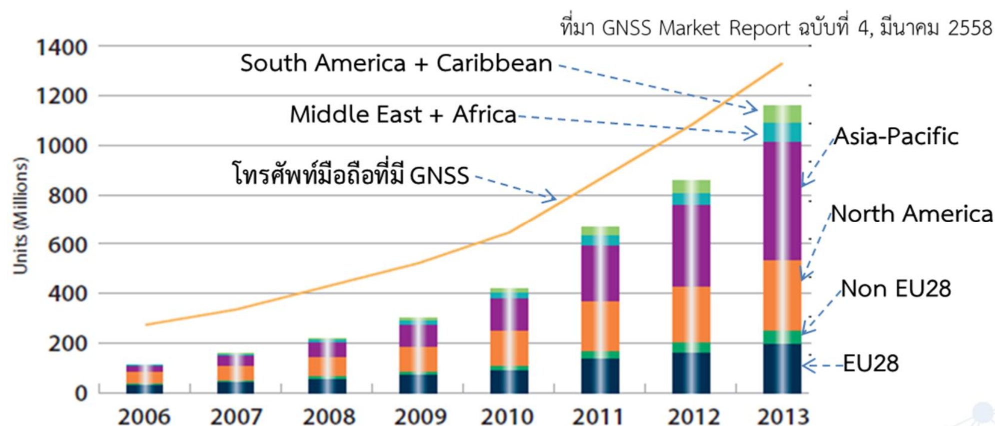
ในแง่ส่วนแบ่งรายได้ (สะสมระหว่างปี 2013-2023) แยกตามประเภทการประยุกต์ใช้แสดงดังรูปที่ 8 จะเห็นว่าLBS (Location Based Service) มีส่วนแบ่งสูงเกินครึ่ง (53.2%) อย่างไรก็ตาม LBS เป็นบริการในเชิงอำนวยความสะดวกเป็น

หลัก เช่น สืบค้นบริการที่ใกล้ที่สุด ในขณะที่การประยุกต์ใช้ GNSS ในบางด้านมีความจำเป็นและสำคัญสูง เช่นการขนส่งทางอากาศ (Aviation) แม้มีส่วนแบ่งเพียง 1% แต่ก็เป็นการใช้งานในลักษณะที่มีผลกระทบต่อชีวิตและความปลอดภัยโดยตรง

การประยุกต์ใช้ที่น่าสนใจคือการเกษตร (Agriculture)ซึ่งมีส่วนแบ่ง 1.9% ตัวอย่างการใช้ GNSS ในการเกษตรเช่น การใช้อากาศยานไร้คนขับฉีดพ่นยาฆ่าแมลงในไร่หรือสวนแทนที่มนุษย์ หรือการใช้ระบบจักรกลอัตโนมัติในการเก็บเกี่ยวผลผลิต ไถพรวนหรือหว่านการใช้งานเหล่านี้ต้องการพิกัดจาก GNSS ที่มีความละเอียดถูกต้องสูงและต้องการฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่ออกแบบมาเฉพาะ ผลจากการใช้ GNSS ในการเกษตรจะทำให้ประหยัดเวลา ลดต้นทุน อีกทั้งลดความเสี่ยงที่จะสัมผัสกับสารเคมี และสามารถเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันทางด้านสินค้าเกษตรของประเทศไทยได้มาก



รูปที่ 8รายได้แยกตามประเภทการประยุกต์ใช้สะสมตั้งแต่ 2013 ถึง 2023

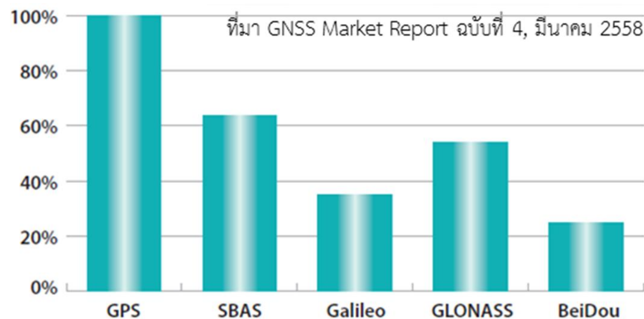


รูป 9การเติบโตของจำนวนอุปกรณ์ GNSS ที่ส่งมอบจริงย้อนหลังจาก 2013 ถึงปี 2006

รูป 9แสดงกราฟแท่งแทนการเติบโตของจำนวนอุปกรณ์ GNSS ที่ส่งมอบสู่ตลาด (ไม่รวมโทรศัพท์มือถือ)จากปี 2006 ถึงปี 2013 ซึ่งภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกมีอัตราการเติบโตสูงที่สุด ส่วนกราฟเส้นด้านบนแทนจำนวนโทรศัพท์มือถือที่มีความสามารถด้านGNSS เมื่อเทียบระหว่างกราฟแท่งและกราฟเส้นจะเห็นได้ว่าจำนวนโทรศัพท์เพียงอย่างเดียวมีมากกว่าจำนวนอุปกรณ์ GNSS อื่นทั้งหมดรวมกันซึ่งสะท้อนถึงขนาดของผลกระทบที่โทรศัพท์มือถือจะมีต่อการใช้งาน GNSS

รูปที่ 10กราฟแท่งแสดงร้อยละของค่ายดาวเทียม GNSS ที่รองรับโดยGNSS หนึ่งหน่วย (ครอบคลุมเครื่องรับ โมดูลและชิปเซ็ต)ที่ใช้งานอยู่ในตลาด ณ ปี 2015 สังเกตว่าผลรวมของทุกกลุ่มมากกว่า 100% ทั้งนี้เนื่องจาก GNSS หนึ่งหน่วยอาจรองรับได้มากกว่าหนึ่งค่ายดาวเทียมจำนวนหน่วยGNSSเกินครึ่งรองรับ GLONASS ของรัสเซีย (GLONASS เป็นระบบที่เก่าแก่

รองจาก GPS) เป็นที่น่าสนใจว่าอุปกรณ์ GNSS ถึงประมาณ 1 ใน 4 รองรับดาวเทียม Beidou ของจีน ทั้ง ๆ ที่ ณ ช่วงเวลาที่สำรวจข้อมูลBeidou ยังเป็นเพียงดาวเทียมที่บริการในระดับภูมิภาค (Regional) เท่านั้น ประเด็นที่มีการตั้งข้อสังเกตในรายงาน GNSS Market Report คือมากกว่า 60% ของอุปกรณ์ GNSS รองรับ SBAS แต่ในมุมของผู้ใช้บางท่านอาจรู้สึกว่ายังไม่ได้พบเห็นอุปกรณ์ที่รองรับ SBAS มากนัก ทั้งนี้อาจมีสาเหตุจากการรองรับในระดับของโมดูลและชิปเซ็ตเท่านั้น และผู้ผลิตอุปกรณ์อาจยังไม่ได้เปิดให้ความสามารถนี้ทำงาน



รูปที่ 10ความสามารถของเครื่องรับ GNSS (เฉพาะตลาด LBS ปี 2015)

โดยภาพรวมแนวโน้มการใช้งาน GNSS น่าจะมีปริมาณมากขึ้นเรื่อย ๆ โดยสะท้อนจากจำนวนอุปกรณ์ GNSS ที่ส่งมอบเพิ่มขึ้นทุกปี อุปกรณ์ GNSSเกินครึ่งรองรับดาวเทียมอย่างน้อยสองค่าย (GPS และ GLONASS) และมากกว่า 60% มีความสามารถในการใช้งาน SBAS โทรศัพท์มือถือที่รองรับความสามารถด้าน GNSS มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง และยังมีแนวโน้มรองรับ Multi-GNSS และ SBAS เพิ่มขึ้นด้วย เมื่อ Multi-GNSS และ SBAS ให้บริการเต็มรูปแบบ กลุ่ม LBS และโทรศัพท์มือถือจะเป็นกลุ่มที่สร้างผลกระทบทางเศรษฐกิจสูงมากเนื่องจากมีจำนวนอุปกรณ์มากและยังมีอุตสาหกรรมเกี่ยวเนื่องอีกมาก เช่น การทำแผนที่ ระบบนำทางส่วนบุคคล การติดตามบุคคล (สำหรับผู้สูงอายุหรือผู้เยาว์) การให้ข้อมูลจราจร และอุปกรณ์ที่เกี่ยวเนื่องกับสุขภาพ (เช่นตรวจวัดระยะทางการวิ่ง)

5. ข้อเสนอแนะต่อการใช้งาน CORS ของประเทศไทย

ในส่วนของประเทศไทย กิจกรรมหลัก ๆ ที่กำลังดำเนินการ ณ ปัจจุบันคือการพัฒนาCORS ทั่วประเทศโดย 3 หน่วยงานคือ สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตรจำนวน 6 สถานี (ภายในปี 2016) กรมที่ดิน จำนวน 114 สถานี (ภายในปี2016 2017 และ 2018 จำนวน 51 33 และ 30 สถานี ตามลำดับ) กรมแผนที่ทหาร จำนวน 80 สถานี (ภายในปี 2016 จำนวน 45 สถานีและปี 2017 จำนวน 35 สถานี) รวมทั้ง 3 หน่วยงาน 200 สถานี สำหรับตำแหน่งของสถานีต่าง ๆ ยังไม่ได้กำหนดและเผยแพร่เป็นทางการแม้จะมีแผนดำเนินการที่ชัดเจนสำหรับโครงสร้างพื้นฐานทางกายภาพ แต่นโยบายด้านการให้บริการข้อมูล GNSS กับพลเรือนและภาคเอกชน เช่น บริการ RTK หรือบริการค่าแก้ประเภทอื่น ๆ เพื่อการคำนวณพิกัดความถูกต้องสูงยังไม่มีการเปิดเผยหรือดำเนินการอย่างเป็นทางการ เนื้อหาส่วนต่อไปเป็นการอภิปรายข้อเสนอแนะการใช้งาน CORS เพื่อบริการคำนวณค่าพิกัดความถูกต้องสูงสำหรับประเทศไทย

6.1 นโยบายการบริการNetwork RTK

ควรมีนโยบายที่เอื้อต่อการใช้ประโยชน์ Network RTK ของภาคพลเรือนและเอกชนอย่างชัดเจน ทั้งนี้ภาครัฐสามารถเริ่มต้นพิจารณาแผนการใช้ประโยชน์จาก Network RTK คู่ขนานไปพร้อมกันโดยไม่จำเป็นต้องรอจนกระทั่งเครือข่าย CORS เสร็จสมบูรณ์ การดำเนินการอาจจัดในลักษณะฟอรั่มให้ภาคเอกชนได้มีโอกาสเข้ามาร่วมแสดงความเห็นและวางแผนการใช้งาน และให้มีเลขาคณะทำงานใช้ประโยชน์ NetworkRTK ของประเทศ ซึ่งควรรับหน้าที่โดยหน่วยงานภาครัฐที่มีความคล่องตัวในการทำงานและสามารถเป็นตัวเชื่อมประสานกับหน่วยงานรัฐและเอกชนต่าง ๆ ได้ ผลลัพธ์จากฟอรั่มจะมีน้ำหนักเนื่องจากเป็นความเห็นของกลุ่มและสามารถนำเสนอต่อคณะกรรมการภูมิสารสนเทศแห่งชาติ ซึ่งมีนายกรัฐมนตรีเป็นประธานและมีผู้อำนวยการสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศเป็นเลขาธิการ

ตัวอย่างประเทศที่มีการใช้งาน RTK เพื่อเชิงพาณิชย์อย่างเข้มข้นประเทศหนึ่งคือออสเตรเลียปัจจุบันมีอย่างน้อย 3 บริษัทซึ่งทำหน้าที่จัดตั้ง CORS และให้บริการ Network RTK ได้แก่ AllDayRTK[12] SmartNetAus[13]และ RTKNetWest[14] บริษัทSmartNetAus ลงทุนติดตั้ง CORS ของตนเองจำนวน100 สถานีพร้อมทั้งได้เป็นพันธมิตรกับรัฐวิคตอเรียเพื่อเชื่อมต่อข้อมูล CORS ของรัฐอีก 100 สถานีเพื่อช่วยนำมาทำประโยชน์เชิงพาณิชย์ บริษัท RTKNetWestเป็นบริษัทที่เน้นบริการพื้นที่ภาคตะวันตกเฉียงใต้ของออสเตรเลีย และเป็นบริษัทเดียวที่แจ้งราคาค่าบริการไว้บนเว็บไซต์[15] โดยหากเป็นการใช้เพียงบัญชีเดียว (single rover) จะมีค่าใช้จ่ายที่ $4,000 ต่อ12 เดือน ไม่จำกัดชั่วโมงใช้งานและได้ระดับความถูกต้องที่ ±2 เซนติเมตร หากเป็นการใช้งานวันเดียวและบัญชีเดียวจะมีค่าใช้จ่ายที่ $250 การให้บริการ NetworkRTK ในออสเตรเลียเป็นการเชื่อมต่อผ่านอินเทอร์เน็ตเป็นหลัก

สำหรับในสหรัฐอเมริกา มีทั้งบริการ RTK ที่เปิดให้ใช้ฟรีและในเชิงพาณิชย์ ตามที่รวบรวมไว้โดย Gakstatter (2014) บริการฟรี RTK มีให้บริการใน32 รัฐจาก 50 รัฐมีทั้งบริการรูปแบบ Single baseline และNetwork RTKแต่ละรัฐจะมีโครงข่ายและระบบออนไลน์ให้บริการเป็นอิสระจากกัน การขอบัญชีผู้ใช้สามารถลงทะเบียนออนไลน์ได้ 24 ชั่วโมง

สำหรับในยุโรปมีทั้งบริการฟรีโดยภาครัฐและบริการเชิงพาณิชย์ Engfeldt(Ed.) (2005) ได้รวบรวมและสรุปรายชื่อและบริการ RTK ของประเทศในยุโรปตอนเหนือและตอนกลางไว้ นอกจากนี้ เว็บไซต์ RTKLIB[16]ยังได้รวบรวมรายชื่อประเทศและช่องทาง เชื่อมต่อบริการ RTK ของยุโรปอีกบางประเทศ ได้แก่ เบลเยี่ยม เยอรมนีอิตาลีและโปแลนด์

แม้แต่ในประเทศแอฟริกาใต้ ก็มี CORS และบริการ RTK ของตนเช่นเดียวกัน โดยเป็นโครงข่ายชื่อ Trignet(National Geospatial Information, 2015) ดำเนินการโดยหน่วยงานภูมิสารสนเทศแห่งชาติซึ่งอยู่ภายใต้ Department of Rural Development and Land Reformแอฟริกาใต้ได้วางโครงข่าย CORS ไว้ทั่วประเทศมีระยะห่างระหว่างสถานีในช่วง 80 ถึง 300 กิโลเมตร มีบริการทั้งแบบ Post-processing,Single baseline RTK และ NetworkRTK เปิดให้สาธารณะสามารถลงทะเบียนใช้งานได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย

6.2 การใช้ประโยชน์จาก CORS เพื่อบริการค่าแก้สำหรับ SBAS และ PPP

6.2.1 บริการ SBAS

โดยทั่วไป SBAS สามารถทำได้ 3 ช่องทางคือ 1) การเช่าช่องสัญญาณดาวเทียมที่มีอยู่แล้ว2) การร่วมมือกับประเทศใกล้เคียงเพื่อใช้ดาวเทียมSBAS ร่วมกัน และ 3) การลงทุนสร้างดาวเทียมของชาติ

แนวทางที่ 1) เป็นแนวทางที่สหภาพยุโรปดำเนินการอยู่ โดยเช่าดาวเทียม 3 ดวง คือ Inmarsat-3 Inmarsat-4 และ SES-5 เพื่อให้บริการครอบคลุมยุโรปต่อเนื่องลงมาถึงแอฟริกา สำหรับประเทศไทย Inmarsat-3 และ Inmarsat-4 จะมีความเหมาะสม เนื่องจากมีพื้นที่บริการครอบคลุมประเทศไทยและประเทศในกลุ่มอาเซียนทั้งหมด

แนวทางที่ 2)จำเป็นต้องมีการเจรจาระหว่างประเทศ เช่นกับประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมีแผนส่งดาวเทียม QZSSเพื่อการให้บริการค่าแก้สำหรับภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้อยู่แล้ว แนวทางนี้อาจจะเป็นแนวทางที่ใช้เงินลงทุนต่ำที่สุดเนื่องจากประเทศไทยจะมีหน้าที่หลักเพียงดำเนินการติดตั้งสถานีอ้างอิงและส่งข้อมูลให้กับญี่ปุ่นประมวลผลค่าแก้แล้วแพร่สัญญาณลงมาสำหรับผู้ใช้ในประเทศไทยความร่วมมือระหว่างสองประเทศมีความเป็นไปได้สูงเนื่องจากญี่ปุ่นเองก็มีนโยบายส่งเสริมให้ดาวเทียมของตนถูกใช้งานให้มากที่สุดและต้องการสร้างความร่วมระหว่างประเทศในภูมิภาคอยู่แล้ว

แนวทางที่ 3) อาจจะเป็นแนวทางที่ดีที่สุดในแง่ความมั่นคงและความยืดหยุ่นในการบริหารจัดการเนื่องจากองค์ประกอบทั้งภาคพื้นดินและอวกาศจะอยู่ภายใต้การควบคุมของประเทศไทยโดยสมบูรณ์อย่างไรก็ตามแนวทางนี้จำเป็นต้องใช้เงินลงทุนขั้นต้นสูงและต้องเจรจากับต่างประเทศเพื่อรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีในการบริหารจัดการ SBASอีกทั้งยังมีภาระการดูแลระบบในระยะยาว

---

[12]เว็บไซต์ของบริษัท All Day RTK http://alldayrtk.com.au/default.aspx

[13]เว็บไซต์ของบริษัท SmartNet AUS http://smartnetaus.com/

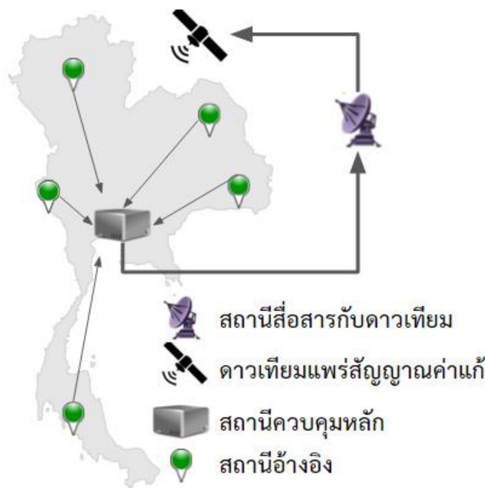
[14]เว็บไซต์ของบริษัท RTKnetwest http://www.rtknetwest.com.au/

[15]เว็บไซต์แสดงราคาค่าบริการ RTK ของบริษัทRTKnetwesthttp://www.rtknetwest.com.au/content/page/services-pricing.html

[16]เว็บไซต์รวบรวมรายชื่อบริการ NTRIP สำหรับ RTKLIB http://wiki.openstreetmap.org/wiki/RTKLIB

การบริการค่าแก้ผ่าน SBAS จะเกิดขึ้นได้ต้องมีการเตรียมพร้อมใน 4 องค์ประกอบหลัก แสดงในรูปที่ 11คือ

1. สถานีอ้างอิง ทำหน้าที่รังวัดสัญญาณดาวเทียมเพื่อเป็นข้อมูลดิบสำหรับคำนวณค่าแก้ ทั้งนี้อาจจะเลือกบางสถานีจากเครือข่าย CORS มาใช้งาน CORS สำหรับ SBAS และไม่จำเป็นต้องมีเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเป็นค่าปรับแก้ในระดับภูมิภาค ตัวอย่างเช่น MSAS ของญี่ปุ่นมีเพียง 4 สถานี หรือ WAAS ของสหรัฐอเมริกามีเพียง 38 สถานี ก็เพียงพอสำหรับครอบคลุมทั้งประเทศ
2. สถานีควบคุมหลัก ทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลดิบจากสถานีอ้างอิงและคำนวณค่าแก้ แล้วส่งผลลัพธ์ไปยังสถานีสื่อสารกับดาวเทียม
3. สถานีสื่อสารกับดาวเทียม ทำหน้าที่รับค่าแก้จากสถานีควบคุมหลักและส่งต่อ (uplink)ขึ้นสู่ดาวเทียมบริการค่าแก้
4. ดาวเทียมบริการค่าแก้ ทำหน้าที่แพร่สัญญาณและข้อมูลค่าแก้สู่พื้นโลกเพื่อให้บริการผู้ใช้



รูปที่ 11สถาปัตยกรรมระบบสำหรับบริการ SBAS

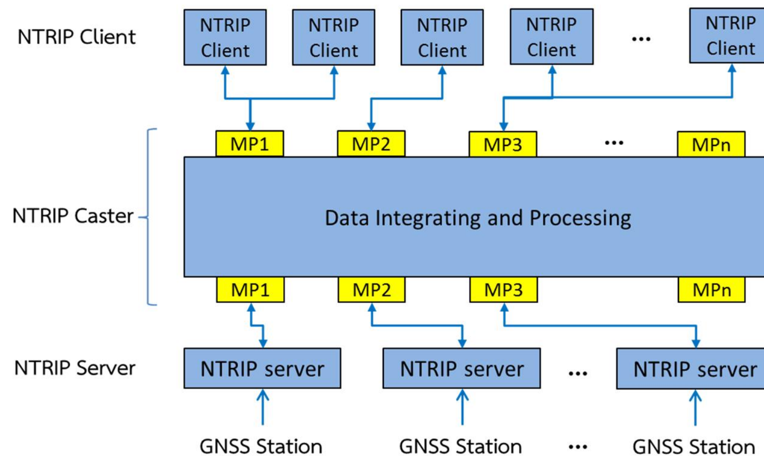
6.2.2 บริการค่าแก้สำหรับ PPP

ค่าแก้เพื่อคำนวณพิกัดแบบ PPP นั้นเป็นค่าแก้ที่เป็นสากล กล่าวคือผู้ให้บริการมักรวบรวมข้อมูลรังวัดจาก CORS ที่กระจายอยู่ทั่วโลกและทำการคำนวณค่าแก้ความคลาดเคลื่อนวงโคจรดาวเทียมและค่าแก้นาฬิกาดาวเทียม ค่าแก้ทั้งสองนี้เป็นค่าเฉพาะสำหรับดาวเทียมแต่ละดวง และไม่เปลี่ยนแปลงไปตามตำแหน่งของผู้ใช้

ปัจจุบันได้มีผู้ให้บริการค่าแก้เพื่อคำนวณพิกัดแบบ PPPอยู่แล้วในหลายประเทศ เช่น ฝรั่งเศส เยอรมนี ญี่ปุ่น และสหรัฐโดยเป็นการเปิดให้ลงทะเบียนใช้งานฟรีดังที่กล่าวแล้วในบทที่ 2 และผู้ใช้ในประเทศไทยสามารถติดต่อเพื่อขอรับบัญชีผู้ใช้ได้บริการค่าแก้สำหรับ PPP ในปัจจุบันยังเน้นการใช้งานเพื่อการศึกษาวิจัยเป็นหลัก ในอนาคตอันใกล้ PPP ได้รับการคาดการณ์ว่าจะเข้ามามีบทบาทมากขึ้นเรื่อย ๆ ประเทศไทยควรเตรียมความพร้อมโดยการกระตุ้นให้ภาคส่วนต่าง ๆ เกิดความตระหนักและเตรียมความพร้อมรับและใช้งานเทคโนโลยี PPP นอกจากนี้หากภาครัฐต้องการยกระดับความสามารถของบุคลากรทางด้าน GNSS ก็อาจจะส่งเสริมให้มีการการจัดตั้งเครื่องแม่ข่ายเพื่อประมวลผลค่าแก้สำหรับ PPP ในประเทศไทยเองโดยจะต้องรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการประมวลผลเพื่อให้ได้ค่าแก้ที่ต้องการ

มาตรฐานสำหรับการบริการค่าแก้ผ่านอินเทอร์เน็ตที่ได้รับความนิยม คือ NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol) (Weber, Dettmering & Gebhard, 2005) ซึ่งรองรับการให้บริการทั้งสำหรับ RTK และ PPP

NTRIP ใช้มาตรฐานโครงสร้างข้อมูล RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services)[17]ซึ่งถูกออกแบบมาให้สามารถส่งข้อมูล GNSS ได้ครอบคลุมค่าแก้ประเภทต่าง ๆ ตลอดจนข้อมูลดิบจากการรังวัดสัญญาณดาวเทียม รูปที่12 แสดงสถาปัตยกรรมระบบสำหรับให้บริการค่าแก้ตามมาตรฐานNTRIP



รูปที่ 12สถาปัตยกรรมของระบบเพื่อบริการข้อมูล GNSS ตามมาตรฐานNTRIP

NTRIP มีองค์ประกอบหลัก ๆ คือ NTRIP Source,NTRIP Server, NTRIP Caster, NTRIP Clientและ Mount Point มีหลักการทำงานโดยคร่าว ๆ ดังนี้คือ NTRIP Source(เครื่องรับ GNSS เช่นที่ติดตั้งอยู่ที่ CORS) เป็นแหล่งสร้างข้อมูลดิบและส่งต่อให้กับ NTRIP Server ผ่านช่องทางกายภาพ เช่น RS-232 หรือ Ethernetทั้งนี้เครื่องรับ GNSS ไม่จำเป็นต้องเข้าใจรูปแบบการส่งข้อมูลของ NTRIP เนื่องจากมี NTRIP Server ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการส่งและแปลงข้อมูล โดย NTRIP Source และ NTRIP Server จะเชื่อมต่อแบบ 1 ต่อ 1 ผ่านMount Point (MP) ส่งข้อมูลแยกเป็นสายเข้าสู่ NTRIP Caster

เมื่อข้อมูลดิบเข้าสู่ NTRIP Caster จะมีการประมวลผลภายในแล้วแต่จุดประสงค์ เช่น เพื่อบริการข้อมูล GNSS สำหรับRTK หรือ เพื่อคำนวณค่าแก้สำหรับ PPP ตัวNTRIP Caster จะมี Mount Pointอีกชุดหนึ่งสำหรับเชื่อมต่อกับ NTRIP Client เพื่อให้บริการข้อมูลสำหรับเครื่องรับ/ผู้ใช้RTK หรือ PPP แล้วแต่กรณี ทั้งนี้ NTRIP Client อาจจะเป็นเครื่องรับ GNSS ที่มีความสามารถทำ RTK หรือ PPP ภายในตัวเอง หรือจะเป็นซอฟต์แวร์แยกต่างหาก (เช่น RTKLIB[18]) ที่ทำงานบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและเชื่อมต่อกับเครื่องรับเพื่อรับข้อมูลดิบมาประมวลผลก็ได้

การเชื่อมต่อระหว่าง NTRIP Client และ Mount Point มักใช้อินเทอร์เน็ตผ่านโครงข่ายโทรศัพท์มือถือเนื่องจากยืดหยุ่นต่อการทำงานนอกสถานที่ หนึ่ง Mount Point มักถูกออกแบบให้รองรับ NTRIP Client ได้หลายร้อยหรือหลายพันตัวหนึ่ง Mount Point จะมีข้อมูลคุณลักษณะเดียวบริการ เช่น Mount Pointที่ 1 บริการ RTK สำหรับดาวเทียม GPS เท่านั้น ในขณะที่ Mount Point ที่ 2 บริการ RTK สำหรับ Multi-GNSS และ ในขณะที่ Mount Point ที่ 3 บริการค่าแก้สำหรับ PPP เป็นต้น

6. บทสรุปและบทความเพิ่มเติมในอนาคต

การบริการตำแหน่ง GNSS กำลังขยายตัวอย่างรวดเร็วในหลาย ๆ ด้าน เช่น การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานหลักและส่วนเสริมเพื่อให้การคำนวณพิกัดสามารถทำได้ถูกต้องแม่นยำมากขึ้น ราคาที่มีแนวโน้มถูกลงของเครื่องรับแบบหลายความถี่ อุตสาหกรรมการผลิตชิปและอุปกรณ์ GNSSที่มีอัตราการเติบโตสูงมากโดยแฉพาะอย่างยิ่งภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก การใช้งาน

[17]เว็บไซต์ทางการของThe Radio Technical Commission for Maritime Serviceshttp://www.rtcm.org/overview.php

[18] RTKLIB (http://www.rtklib.com/) เป็นซอฟต์แวร์ open source สำหรับประมวลผลตำแหน่งจาก GNSS รับผิดชอบหลักโดย Takasu Tomoji,Tokyo University of Marine Science and Technology

GNSS ที่เริ่มเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวันมากขึ้นจากบริการ Location based services การมีบริการส่วนเสริม SBAS ที่เปิดฟรีเพื่อสาธารณะซึ่งสามารถให้ความถูกต้องระดับต่ำกว่า 1 เมตรได้ การบริการ RTK และ PPPเพื่อการคำนวณพิกัดความถูกต้องระดับเซนติเมตร

การใช้งาน GNSS ที่แพร่หลายและการเปลี่ยนแปลงของระดับความถูกต้องทางตำแหน่งที่สูงขึ้น เป็นปัจจัยพื้นฐานที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจได้ เช่นช่วยลดต้นทุนและเวลาในการทำแผนที่ การสร้างถนนและรางรถไฟด้วยจักรกลอัตโนมัติ การลดต้นทุนด้านพลังงานและเพิ่มความปลอดภัยในการขับขี่โดยใช้ระบบติดตามตำแหน่งยานพาหนะ การเพิ่มผลผลิตต่อไร่ในการทำการเกษตรแบบ Precision farmingนอกจากนี้ยังรวมถึงการสร้างมูลค่าเพิ่มด้วยเทคโนโลยีในอนาคตที่จะเปลี่ยนวิถีการใช้ชีวิตของคนเมือง เช่น รถยนต์ที่สามารถขับเคลื่อนด้วยตัวเอง (Autonomous Vehicles)การทำแผนที่ความละเอียดสูง อุตสาหกรรมเซ็นเซอร์การบังคับใช้กฎหมาย การเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทาง และการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data)

ประเทศไทยควรทำความเข้าใจในแนวโน้มและกระแสการเปลี่ยนแปลงของ GNSS ของโลก เพื่อเตรียมความพร้อมเชิงรุก และสร้างความเข้มแข็งของอุตสาหกรรมในประเทศที่เกี่ยวเนื่องกับ GNSS เพื่อให้มูลค่าเพิ่มต่าง ๆ ตกอยู่กับประเทศไทยมากที่สุด

บทความนี้ยังมิได้ทบทวนบริการค่าแก้ในเชิงพาณิชย์ที่กำลังดำเนินการอยู่ เช่น OmniSTAR,StarFire และ TerraStar ค่าแก้จากบริการสามารถทำให้การคำนวณพิกัดมีความถูกต้องสูงระดับเมตร เดซิเมตร และเซนติเมตร บริการเชิงพาณิชย์เหล่านี้มีหลักการทำงานในทำนองเดียวกับ SBAS และ PPP แต่จะมีโครงสร้างข้อมูลที่ปกปิดเนื่องจากเหตุผลทางการค้าและในฝั่งเครื่องรับเองก็จะต้องมีความสามารถในการเข้าใจโครงสร้างข้อมูลจำเพาะเหล่านี้ อย่างไรก็ตามบริษัทที่ให้บริการค่าแก้เชิงพาณิชย์เหล่านี้มีประวัติการดำเนินการยาวนาน (บางบริษัทให้บริการตั้งแต่ช่วงต้นทศวรรษที่ 2000’s) หากมีการเขียนบทความเพื่อทบทวนระบบนิเวศน์ของบริการเชิงพาณิชย์เหล่านี้ก็จะช่วยให้ประเทศไทยสามารถเข้าใจภาพรวมและแนวโน้มของอุตสาหกรรมที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น และสามารถนำไปประกอบการพิจารณาออกนโยบายที่สอดคล้องและเหมาะสมกับสภาวะและแนวโน้มของเทคโนโลยี GNSS

เอกสารอ้างอิง

Andrei, C.-O., Chinworapanya, D. (2015). Multi-GNSS Real-time Precise Positioning for Pedestrian Lane Detection, **International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM**, 1(2), 753-760.

Basara Miyahara, Tomoaki Furuya, Tokuro Kodama, Toshihiro Yahagi, Masaki Murakami and Tetsuro Imakiire.(2014).The New Application of GEONET for Multi-GNSS Observation andHeight Determination with New Japanese Geoid Model,**FIG Congress 16-21 June 2014**, Kuala Lumpur, Malaysia.

Betz, J., Blanco, M.A., Cahn, C.R., Dafesh, P.A., Hegarty, C.J., Hudnut, K.W., Kasemsri, V., Keegan, R., Kovach, K., Lenahan, L.S., Ma, H.H., Rushanan, J.J., Sklar, D., Stansell, T.A., Wang, C.C., Yi, S.K. (2006). Description of the L1C Signal, **Proceedings of the 19th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS 2006)**, Fort Worth, TX, 2080-2091.

Bisnath, S., &Gao, Y. (2009).Precise point positioning:A Powerful Technique with a Promising Future. **GPS World**, 20, 43-50.

Chen, J., Li, H., Wu, B., Zhang, Y., Wang, J., & Hu, C. (2013).Performance of real-time precise point positioning.**Marine Geodesy**, 36(1), 98-108.

China National Space Administration. (2013).**Beidou Navigation Satellite System Signal in Space Interface Control Document Open Service Signal (version 2.0)**, Retrieved December 2015, from:

http://interact.beidou.gov.cn/interact/download.service?attachment=2013/12/26/20131226b8a6182fa73a4ab3a5f107f762283712.pdf

Dunn, C. E., Jefferson, D. C., Lichten, S. M., Thomas, J. B., Vigue, Y., & Young, L. E.(1993).Time and position accuracy using codeless GPS.**In Proceedings of the 25th Annual Precise Time and Time Interval Meeting**, NASA CP, 3267, 169-1.

Eerola, V., Ritoniemi, T., Husu, T., Kyrola, M., Kaisti, K., Saarnimo, T., Karttunen, V., & Makela, J. (1998). U.S. Patent No. 5,821,898. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Engfeldt, A. (Ed.) (2005).**Network RTK in Northern and Central Europe**. Lantmäteriet.

European GNSS Agency. (2015).**What is EGNOS?**,Retrieved December 2015, from:http://www.gsa.europa.eu/egnos/what-egnos

European GNSS Agency. (2009). **EGNOS Service Definition Document Open Service**, Retrieved December 2015, from:http://egnos-portal.gsa.europa.eu/sites/default/files/EGNOS_OS_SDD_2.1.pdf

European GNSS Agency.(2015). **GNSS Market Report**, issue 4, Retrieved December 2015, from: http://www.gsa.europa.eu/system/files/reports/GNSS-Market-Report-2015-issue4_0.pdf

European GNSS.(2010).**Open Service Signal in Space Interface Control Document**,Retrieved December 2015, from: http://www.gsc-europa.eu/gnss-markets/segments-applications/os-sis-icd

European Satellite Services Provider.(2015).**EGNOS in operation**, Retrieved December 2015, from: http://www.essp-sas.eu/egnos_in_operation

Federal Aviation Administration, 2015, **Satellite Navigation - Wide Area Augmentation System (WAAS),** Retrieved December 2015, from: http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/waas/

Federal Aviation Administration.(2008).**W. A. A. S. "Global positioning system wide area augmentation system (WAAS) performance standard**."Retrieved December 2015, from: http://www.gps.gov/technical/ps/2008-WAAS-performance-standard.pdf, pp. 10

Fontana, R. D., Cheung, W., Novak, P. M., & Stansell, T.(2001).The new L2 civil signal.**In Proceedings of ION GPS**.

Gakstatter E.(2008).**MSAS: SBAS in the Land of the Rising Sun**, Retrieved December 2015, from: http://gpsworld.com/surveyperspectives-late-april-2008-7289/

Gakstatter E.(2014).**Finally: A List of Public RTK Base Stations in the U.S.**, Retrieved December 2015, from: http://gpsworld.com/finally-a-list-of-public-rtk-base-stations-in-the-u-s/

GPS World staff.(2012).**Directions 2013: GLONASS Today and Tomorrow**,Retrieved December 2015, from: http://gpsworld.com/directions-2013-glonass-today-and-tomorrow/

Harima, K., CHOY, S., LI, Y., & GRINTER, T. (2014).Performance of real-time precise point positioning using MADOCA-LEX augmentation messages.**In FIG Congress 2014,International Federation of Surveyors, FIG.,1-18.**

Hashimoto, M., T. Sagiya, H. Tsuji, Y. Hatanaka, and Tada, T.(1996).Coseismicdisplacements of the 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake, **Journal of Physics of the Earth**,44, 255–279.

Hatanaka, Y., T. Iizuka, M. Sawada, A. Yamagiwa, Y. Kikuta, J.M. Johnson and C. Rocken. (2003). Improvement of the Analysis Strategy of GEONET, **Bulletin of the Geospatial Information Authority of Japan**, Vol.49 March, 2003, 11-37.

Heßelbarth, Anja, and Lambert Wanninger.(2013). SBAS orbit and satellite clock corrections for precise point positioning, **GPS solutions**, 17, 4, 465-473.

International Earth Rotation and Reference Systems Service.(2008).Retrieved December 2015, from: http://itrf.ensg.ign.fr/ITRF_solutions/2008/ITRF2008.php

Japan Aerospace Exploration Agency.(2014).**Interface Specifications for QZSS**.Retrieved December 2015, from:http://qz-vision.jaxa.jp/USE/is-qzss/DOCS/IS-QZSS_16_E.pdf

Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA).(2010).**Launch Result of the First Quasi-Zenith Satellite 'MICHIBIKI' by H-IIA Launch Vehicle No. 18"**. 2010,Retrieved 2015-12-12. http://global.jaxa.jp/press/2010/09/20100911_h2af18_e.html

Keegan, R. G. (1990). U.S. Patent No. 4,972,431. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Kumar M., **GAGAN: India's SBAS system is now operational**.(2014).Retrieved December 2015, from: http://geoawesomeness.com/gagan-indias-sbas-system-now-operational/

Le, A. Q., & Tiberius, C. (2007).Single-frequency precise point positioning with optimal filtering.**GPS Solutions**, 11(1), 61-69.

Lennen, G. R. (1997). U.S. Patent No. 5,610,984. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Li, X., Zhang, X., Ren, X., Fritsche, M., Wickert, J., & Schuh, H. (2015). Precise positioning with current multi-constellation Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo and BeiDou.**Scientific Reports**, 5.

Montenbruck, O., Hauschild, A., Steigenberger, P., Hugentobler, U., Teunissen, P., & Nakamura, S. (2013).Initial assessment of the COMPASS/BeiDou-2 regional navigation satellite system.**GPS solutions**, 17(2), 211-222.

National Geodetic Survey.(2015).**Continuously Operating Reference Station (CORS)**, Retrieved from http://geodesy.noaa.gov/CORS/

National Geodetic Survey.(2013).**Guidelines for New and Existing Continuously Operating Reference Stations (CORS) National Geodetic Survey**, Retrieved December 2015, from: http://www.ngs.noaa.gov/PUBS_LIB/CORS_guidelines.pdf

National Geospatial Information.(2015).**Trignet Web Application**, Retrieved December 2015, from: http://www.trignet.co.za/

NAVIPEDIA.(2014).**MSAS Ground Segment**, http://www.navipedia.net/index.php/MSAS_Ground_Segment

Ogaja, C. A. (2011).Applied GPS for engineers and project managers.**ASCE**.

Øvstedal, O., Kjørsvik, N., & Gjevestad, J. G. (2006).Surveying using GPS precise point positioning.**In XXII International FIG Congress**, Munich, Germany.

Rao, K. S. (2007).GAGAN-The Indian satellite based augmentation system. I**ndian Journal of Radio and Space Physics**, 36(4), 293.

Renard, A., & Revol, M. (2001). U.S. Patent No. 6,317,078. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Roturier, B., Chatre, E., & Ventura-Traveset, J. (2001).The SBAS integrity concept standardised by ICAO-application to EGNOS.**NAVIGATION-PARIS**, 49, 65-77.

Russian Federal Space Agency.(2012).**System of Differential Correction and Monitoring Interface Control Document (OS SIS ICD)**, Retrieved December 2015, from: http://www.sdcm.ru/smglo/ICD_SDCM_1dot0_Eng.pdf

Russian Institute of Space Device Engineering.(2008).**Global Navigation Satellite System (GLONASS) Interface Control Document**, Retrieved December 2015, from: http://www.spacecorp.ru/upload/iblock/1c4/cgs-aaixymyt%205.1%20ENG%20v%202014.02.18w.pdf

Russian Institute of Space Device Engineering.(n.d.).**Russian system of differential correction and monitoring**,Retrieved December 2015, from: http://www.sdcm.ru/smglo/staticpages?version=eng&site=extern&title=points

Sagiya, T. (2004). A decade of GEONET: 1994–2003—The continuous GPS observation in Japan and its impact on earthquake studies—. **Earth, planets and space**, 56(8), xxix-xli.

Saito, M., Sato, Y., Miya, M., Shima, M., Omura, Y., Takiguchi, J., & Asari, K.(2001).Centimeter-class augmentation system utilizing Quasi-Zenith Satellite.**In Proceedings of the 24th International Technical Meeting of The Satellite Division of the Institute of Navigation**, 1243.

Sakai, T., Fukushima, S., Takeichi, N., & Ito, K. (2007).Augmentation performance of QZSS L1-SAIF signal.**In Proc. ION National Technical Meeting**, 411-421.

Sakai, T., Fukushima, S., & Ito, K. (2009).Development of QZSS L1-SAIF augmentation signal.**In ICCAS-SICE**, 4462-4467.

Shimamura, A. (1999).MSAS (MTSAT satellite-based augmentation system) project status. **Air & Space Europe**, 1(2), 63-67. http://geoawesomeness.com/gagan-indias-sbas-system-now-operational/

Suzuki, T., Kubo, N., & Takasu, T. (2014).Evaluation of Precise Point Positioning Using MADOCA-LEX via Quasi-Zenith Satellite System.**In ION International Technical Meeting**.

Stupak, G. (2010).GLONASS status and development plans.**In 5th Meeting of the International Committee on GNSS**, Turin, Italy.

Takasu, T. (2013).Development of Multi-GNSS Orbit and Clock Determination Software MADOCA.**In The 5th Asia Oceania Regional Workshop on GNSS**.

The Government of the Russian Federation. (2013).**International Civil Aviation Organization, ASSEMBLY — 38TH SESSION TECHNICAL COMMISSION, ON THE STATUS OF GLONASS**, Retrieved December 2015, from:http://www.icao.int/Meetings/a38/Documents/WP/wp207_en.pdf

U.S. Air Force. (2015).**Interface Control Documents**, Retrieved December 2015, from: http://www.gps.gov/technical/icwg/

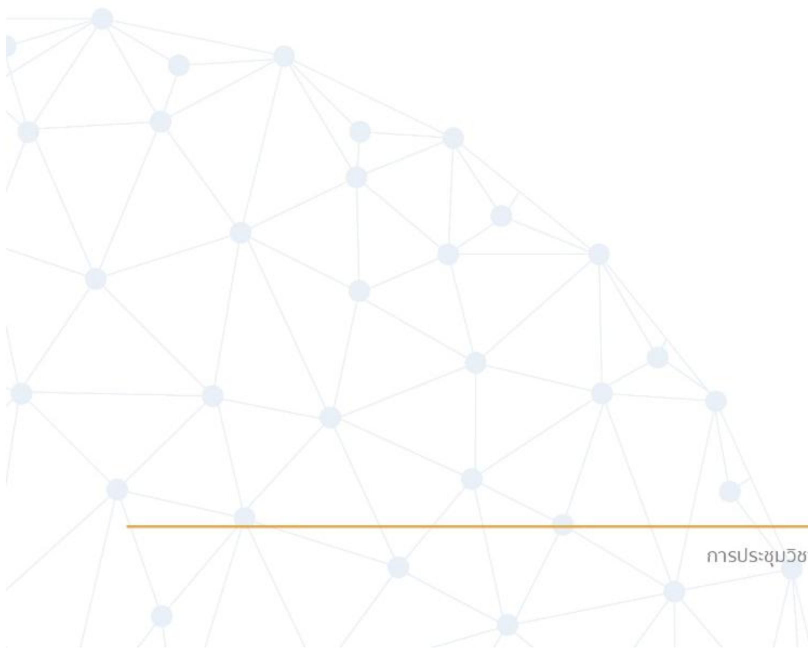
U.S. Air Force. (2013). **Interface Specification IS-GPS-800**, Retrieved December 2015, from: http://www.gps.gov/technical/icwg/IS-GPS-800D.pdf

U.S. Air Force. (2015).**New Civil Signals**, Retrieved December 2015, from: http://www.gps.gov/systems/gps/modernization/civilsignals/

Van Bree, R. J., & Tiberius, C. C. (2012). Real-time single-frequency precise point positioning: accuracy assessment. **GPS solutions**, 16(2), 259-266.

William, J.(2014).**Global positioning system (GPS) standard positioning service (SPS) performance analysis repor**t, Federal Aviation Administration, Washington, DC 410,Retrieved December 2015, from:http://www.gps.gov/systems/gps/performance/accuracy/

Woo, K. T.(1999). Optimum Semi-Codeless Carrier Phase Tracking of L2, **International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institution of Navigation**, Nashville, TN.



ระบบสารสนเทศสำหรับการสำรวจป้ายรถ และเส้นทางเดินรถประจำทางในกรุงเทพมหานครด้วย GPS

An Information System for BMTA Bus Stop and Route Surveys with GPS

เนื่องวงศ์ ทวยเจริญ, อดิศร ศักดิ์เจริญ และ วุฒิพร ชะเอม

Nuengwong Tuaycharoen, Adisorn Sakcharoen and Wuttiporn Cha-aim

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

02-954-7300 ต่อ 839 / 02-954-8640 / nuengwong.tun@dpu.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบัน มีคนนับล้านใช้งานระบบขนส่งมวลชนของ ขสมก. เป็นประจำทุกวัน ถึงแม้ว่าจะมีความพยายามในการพัฒนาระบบการให้ข้อมูลการเดินทางในระบบของ ขสมก. มากมาย แต่ก็อ้างอิงกับข้อมูลของ ขสมก. ที่ไม่มีการปรับปรุงให้เป็นปัจจุบันเป็นเวลานาน ทำให้ผู้โดยสารไม่สามารถใช้งานข้อมูลเหล่านี้ได้อย่างเต็มศักยภาพ บทความนี้ได้กล่าวถึงการพัฒนาระบบสำรวจพิกัดป้ายรถประจำทางด้วย GPS บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์และสำรวจเส้นทางการเดินรถด้วย GPS บน Google Maps โดยการสร้างข้อมูลเส้นทางการเดินรถ ด้วยข้อมูลพิกัดการเดินรถแต่ละสายที่สร้างจากโปรแกรม My maps ของ Google Maps จากนั้นแปลงพิกัดป้ายกับพิกัดเส้นทางที่เก็บรวบรวมได้ให้กลายเป็นเส้นทางการเดินรถประจำทางแต่ละสายตามลำดับป้ายที่ผ่านโดยอัตโนมัติ ผลการทดสอบระบบพบว่าโทรศัพท์ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์สามารถระบุพิกัดได้ถูกต้องในช่วง 6-24 เมตร ขึ้นอยู่กับรุ่นของโทรศัพท์ที่ใช้ ส่วนระบบการสร้างเส้นทางการเดินรถสามารถสร้างเส้นทางเดินรถผ่านป้ายรถใช้เวลาคำนวณเฉลี่ย 5.75 ms ต่อหนึ่งพิกัดเส้นทางรถ

คำสำคัญ : ขสมก รถเมล์ รถประจำทาง การสำรวจเส้นทาง

ABSTRACT

Millions of people travel by BMTA buses every day. Although, many application programs have been developed to provide BMTA transit information to the passengers, the information is not accurate due to lacking of updates for decades. Therefore, the passengers cannot make use of the information with its full potentials. This paper describes a development of bus stop and bus route surveying system with GPS. We use an Android smartphone’s GPS to collect the bus stop coordinates and sending to the system's database server. We also create bus route coordinates with Google Maps’ My Maps. Then, the system converts bus route coordinates into a sequence of bus stops automatically. The experimental results show that android phones can identify coordinates with 6-24 meters accuracy, and the bus route creation system can map bus stops to a bus route with an average of 5.75 ms per bus route coordinate.

KEY WORDS : BMTA, bus, route survey

1. บทนำ

จากข้อมูลในเดือนมกราคม 2558 ของระบบสถิติทางการทะเบียน (Thai Publica, 2558) ระบุว่า ในกรุงเทพมหานครมีประชากรอยู่ทั้งสิ้น 5.6 ล้านคน แต่หากรวมประชากรแฝง เช่น แรงงานข้ามชาติ แรงงานจากต่างจังหวัด และคนไร้บ้านที่ยังไม่ได้อยู่ในระบบ แล้ว จะมีประชากรราว 15 ล้านคน (สำนักการจราจรและขนส่ง, 2556) ในเมืองใหญ่ที่มีประชากรหนาแน่นอย่างกรุงเทพมหานครนี้ จำเป็นต้องมีการบริการขนส่งสาธารณะที่สะดวก เพียงพอ และมีราคาที่เหมาะสมกับรายได้ของคนเมือง

องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) ได้จัดตั้งขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2519 (กองนโยบายและแผนงาน, สำนักผังเมืองกรุงเทพมหานคร, 2555) เป็นหน่วยงานรัฐวิสาหกิจประเภทสาธารณูปโภคสังกัดกระทรวงคมนาคม มีภารกิจและขอบเขตความรับผิดชอบในการจัดบริการรถโดยสารประจำทางวิ่งรับส่งผู้โดยสารในเขตกรุงเทพมหานคร และจังหวัดใกล้เคียง คือ นนทบุรี ปทุมธานี สมุทรปราการ สมุทรสงคราม และนครปฐม

ถึงแม้ว่า ขสมก. จะมีจำนวนผู้โดยสารเกือบล้านคนต่อวัน แต่จำนวนผู้โดยสารมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยลดลงเฉลี่ยร้อยละ 6.8 ต่อปี ในขณะที่ สถิติจำนวนรถยนต์ส่วนบุคคลและรถจักรยานยนต์ที่จดทะเบียนในกรุงเทพมหานครกลับมาแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นร้อยละ 6.75 และ 6.62 ต่อปีตามลำดับ (การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย, 2556)

สถิติดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครนิยมเดินทางโดยรถยนต์ส่วนตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากประชาชนต้องการความสะดวกสบายในการเดินทาง แต่ระบบขนส่งมวลชนของ ขสมก. ยังให้ความสะดวกได้ไม่สมบูรณ์นัก ปัญหาหนึ่งคือไม่มีการปรับปรุงข้อมูลการเดินรถของ ขสมก. ให้เป็นปัจจุบันเป็นเวลานาน โดยได้มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของป้ายรถและเส้นทางการเดินรถ แต่ ขสมก. ไม่ได้มีการรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบ จึงทำให้การพัฒนาระบบการให้ข้อมูลการเดินทางในเส้นทางการเดินรถของ ขสมก. ทำได้ยากลำบาก และผู้ใช้งานไม่ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง สิ่งเหล่านี้เป็นอุปสรรคต่อประชาชนที่จะมาใช้บริการ ขสมก.

บทความนี้ได้กล่าวถึงการพัฒนาระบบเก็บข้อมูลป้ายรถประจำทางและเส้นทางการเดินรถ โดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลและแก้ไขข้อมูลพิกัดป้ายรถส่งไปยังเครื่องแม่ข่ายฐานข้อมูล จากนั้นโปรแกรมในเครื่องแม่ข่ายจะแปลงพิกัดป้ายกับเส้นทางที่ได้จาก Google My Maps ให้กลายเป็นเส้นทางการเดินรถประจำทางแต่ละสายที่ประกอบด้วยลำดับของป้ายรถโดยอัตโนมัติ

2. ทฤษฎีและงานที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บทความนี้กล่าวถึงการพัฒนาระบบเก็บข้อมูลพิกัดป้ายรถประจำทางและข้อมูลเส้นทางการเดินรถ ซึ่งข้อมูลเส้นทางการเดินรถที่ระบบในบทความนี้ต้องการ เป็นลำดับของพิกัดป้ายรถประจำทาง อย่างไรก็ตาม ข้อมูลที่ระบบนี้บันทึกได้ เป็นข้อมูลของพิกัดเส้นทางเดินรถที่บันทึกอัตโนมัติทุก ๆ 5 เมตร และพิกัดของป้ายรถทั้งหมดในเขตกรุงเทพและปริมณฑลซึ่งมีจำนวน 4,781 ป้าย ซึ่งข้อมูลทั้งสองยังไม่มีการเชื่อมโยงกัน เช่น ไม่สามารถบอกได้ว่าเส้นทางเดินรถใดผ่านป้ายรถใดบ้าง ดังนั้นจึงต้องมีการคำนวณว่าป้ายใดอยู่บนเส้นทางเดินรถแต่ละสายบ้าง ซึ่งมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

1.1.1 การคำนวณระยะทางจากกลุ่มพิกัดบนโลก

Google API Team (2009) ได้แนะนำวิธีการคำนวณระยะทางจากคู่พิกัดใด ๆ บนโลก โดยยกตัวอย่างการใช้ คำสั่งภาษา SQL บนฐานข้อมูล MySQL แบบ MYISAM ดังแสดงในรหัส 1.1 ซึ่งเป็นการเรียกใช้ข้อมูลจากตาราง markers ที่ประกอบด้วยคอลัมน์ id, name, address, lat, lng ที่สร้างขึ้นเพื่อเก็บพิกัดต่าง ๆ จำนวนมาก

```
SELECT id, ( 6371 * acos( cos( radians(37) ) * cos( radians( lat ) ) * cos( radians( lng ) - radians(-122) ) + sin( radians(37) ) * sin( radians( lat ) ) ) ) AS distance FROM markers HAVING distance < 25 ORDER BY distance LIMIT 0 , 20
```

รหัสที่ 1 ตัวอย่าง SQL สำหรับการเลือกพิกัดพร้อมคำนวณระยะทางจากกลุ่มพิกัดบนโลก

โดย 6371 คือ ระยะทางเป็นกิโลเมตรต่อพิกัดหนึ่งองศา และผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นระเบียนพิกัดจำนวน 20 ระเบียนที่มีระยะทางห่างจากพิกัด (37,-122) ไม่เกิน 25 กิโลเมตร

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากฐานข้อมูลของระบบที่พัฒนาขึ้นในบทความนี้เป็นฐานข้อมูลแบบมีความสัมพันธ์ ดังจะกล่าวในหัวข้อ 3.2 ทำให้ไม่สามาถใช้งานฐานข้อมูลแบบ MYISAM ที่ไม่มีความสัมพันธ์ได้ ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้ฟังก์ชันต่าง ๆ ที่ใช้ในวิธีการดังกล่าวได้

1.1.2 Haversine formula

บริษัท Movable Type (2015) แนะนำการใช้ Haversine formula เป็นสูตรในการคำนวณระยะห่างระหว่างพิกัด 2 พิกัดบนพื้นโลก (หรือตัวแปร d ในสูตร) โดยไม่พิจารณาความสูงของพื้นราบ มีสูตรดังนี้

$$a = \sin^2(\Delta\phi/2) + \cos\phi_1 \cdot \cos\phi_2 \cdot \sin^2(\Delta\lambda/2) \quad (1)$$

$$c = 2 \cdot \text{atan2}(\text{sqrt}(a), \text{sqrt}(1-a)) \quad (2)$$

$$d = R \cdot c \quad (3)$$

โดย φ คือละติจูด, λ คือลองจิจูดของพิกัด, R คือรัศมีโลก ซึ่งมีค่าเฉลี่ยที่ 6,371 กม. และค่ามุมต่าง ๆ อยู่ในหน่วยเรเดียน

งานที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันมีโปรแกรมประยุกต์ที่ทำหน้าที่ให้ข้อมูลเส้นทางการเดินรถประจำทาง ซึ่งแบ่งเป็น โปรแกรมประยุกต์บนเว็บ และ โปรแกรมประยุกต์บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ดังนี้

โปรแกรมประยุกต์บนเว็บ ได้แก่

เว็บไซต์ siamtraffic.net (2558) ให้ผู้ใช้ระบุจุดเริ่มต้นและปลายทางเป็นชื่อป้ายรถประจำทาง และแสดงผลเป็นข้อความชื่อป้ายที่ต้องขึ้น/ลงรถ พร้อมระยะทาง แต่ไม่มีการแสดงผลบนแผนที่ ซึ่งถ้าหากผู้ใช้งานไม่ทราบชื่อป้าย ก็ไม่อาจทราบได้ว่าต้องขึ้นลงรถที่จุดใด

ในเว็บไซต์ของ ขสมก. (2558) ผู้ใช้สามารถค้นหาสายรถ โดยระบุหมายเลขสายรถ ต้นทาง ปลายทาง สถานที่วิ่งผ่าน หรือคุณสมบัติอื่นๆ โดยแสดงผลเพียงข้อมูลชื่อป้ายที่แต่ละสายวิ่งผ่าน อย่างไรก็ตาม ผู้ใช้ไม่สามารถค้นหาโดยใช้จุดเริ่มต้นและปลายทางที่ต้องการเดินทางได้ และไม่มีการแสดงผลบนแผนที่ จึงทำให้การใช้งานไม่สะดวกนัก

Google Maps (2015) เป็นบริการของ Google ที่ให้ผู้ใช้สามารถกำหนดพิกัดจุดเริ่มต้นและปลายทางบนแผนที่ จากนั้นผู้ใช้สามารถเลือกบริการการขนส่งที่ต้องการ โปรแกรมจะแสดงวิธีการเดินทาง เช่นสายรถและจุดเปลี่ยนสายรถให้ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลบนแผนที่ Google ถูกเก็บโดยใช้หลักการ crowd sourcing ซึ่งไม่มีการตรวจสอบความถูกต้อง

ส่วนโปรแกรมประยุกต์บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Google Play Store 2015) มีดังต่อไปนี้

“รถเมล์”, “สายรถเมล์”, ”จอดป้ายหน้า”, และ “รถโดยสาร” เป็นแอปพลิเคชันที่นำข้อมูลจากเว็บไซต์ ขสมก. มาแสดงผลบนหน้าจอโทรศัพท์ และสามารถค้นหาโดยการกรอกสายรถ หรือ ชื่อป้ายรถได้ แต่ไม่สามารถค้นหาสายรถในการเดินทางที่ต้องมีการต่อรถได้ และไม่มีการแสดงผลบนแผนที่ ทำให้ผู้ใช้ใช้งานได้ไม่สะดวกนัก

ส่วน “แผนที่รถเมล์”, Bangkok Buses, และ RoadMay สามารถแสดงข้อมูลบนแผนที่ ตามชื่อสายรถ ชื่อป้ายรถ หรือชื่อถนนที่ผู้ใช้เลือกได้ เมื่อผู้ใช้เลือกสายรถ โปรแกรมจะแสดงเส้นทางบนแผนที่ ทั้งขาไปและขากลับ และแสดงป้ายรถใกล้กับตำแหน่งของผู้ใช้ได้ แต่ไม่สามารถค้นหาเส้นทางโดยกำหนดจุดเริ่มต้นและปลายทางที่ต้องการได้

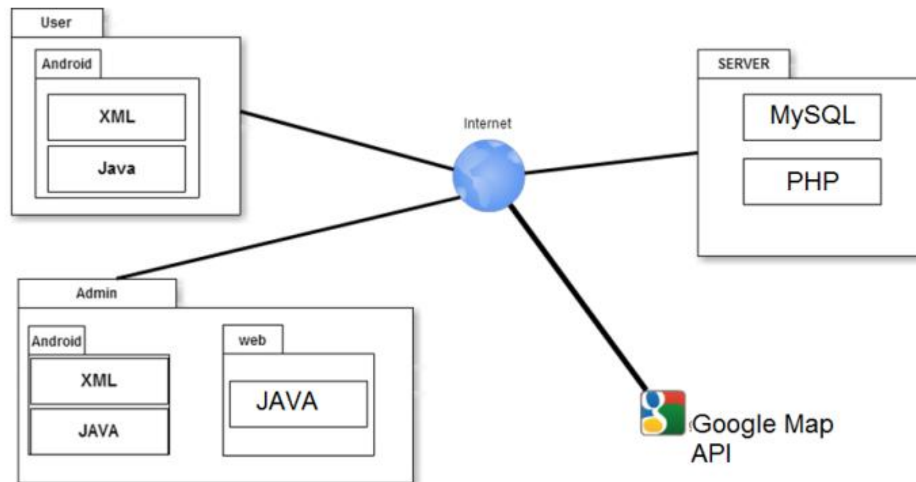
อย่างไรก็ตาม โปรแกรมประยุกต์เหล่านี้ใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลของ ขสมก. ซึ่งไม่ได้มีการปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปัจจุบันเป็นเวลานาน ทำให้ข้อมูลที่ให้กับผู้ใช้คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง รวมทั้งผู้ใช้ไม่สามารถส่งข้อมูลที่ถูกต้องกลับไปยังโปรแกรมประยุกต์เหล่านี้ได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำการสำรวจข้อมูลให้ถูกต้องโดยระบบที่พัฒนาขึ้นในบทความนี้ ก่อนที่จะนำข้อมูลไปใช้งานโดยโปรแกรมประยุกต์ต่าง ๆ ข้างต้น

2. การออกแบบและพัฒนาระบบ

ภาพรวมของระบบ

ภาพรวมของระบบแสดงในรูปที่ 1 โดยระบบประกอบด้วย 4 ส่วนได้แก่

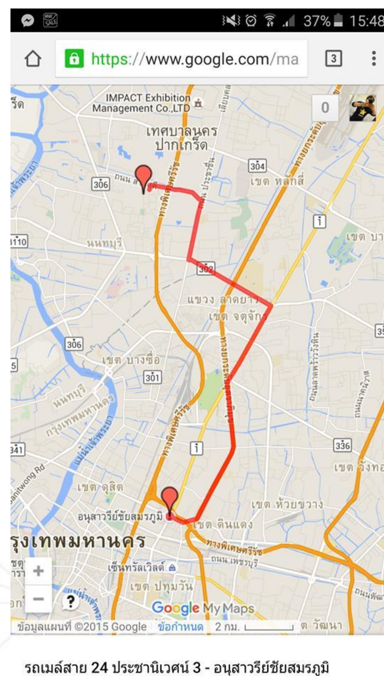
1. โปรแกรมประยุกต์บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์สำหรับการเก็บข้อมูลพิกัดป้ายรถโดยผู้ใช้ที่เป็นอาสาสมัคร (User) โปรแกรมถูกเขียนขึ้นด้วยภาษา XML และ Java และเรียกใช้ Google Map API เพื่อแสดงผลพิกัดป้ายรถบนแผนที่
2. โปรแกรมประยุกต์บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์สำหรับผู้ดูแลระบบ (Folder Admin//Android) ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ที่เขียนด้วยภาษา XML และ Java และเรียกใช้ Google Map API เพื่อแสดงผลพิกัดป้ายรถบนแผนที่
3. โปรแกรมสำหรับผู้ดูแลระบบที่ทำงานบนเครื่องแม่ข่าย (Folder Admin//Web) สำหรับการคำนวณว่ารถวิ่งผ่านป้ายรถใดบ้างซึ่งเขียนด้วยภาษา Java
4. ฐานข้อมูลฝั่งเครื่องแม่ข่าย (Server) ใช้ MySQL เป็นโปรแกรมจัดการฐานข้อมูล โดยใช้ภาษา PHP สร้าง Web Service เพื่อให้โปรแกรมประยุกต์บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เรียกใช้ฐานข้อมูลได้



รูปที่ 1 ภาพรวมของระบบ

เพื่อตรวจสอบข้อมูลพิกัดป้ายรถที่ได้จาก ขสมก. ผู้ใช้ที่เป็นอาสาสมัคร (User) จะเดินทางไปที่ป้ายรถด้วยตนเอง แล้วเปิดโปรแกรมบนแอนดรอยด์ เพื่อดึงข้อมูลป้ายรถจากเครื่องแม่ข่ายผ่าน Web Service หากข้อมูลพิกัดป้ายแสดงผลถูกต้องบนแผนที่ของโปรแกรม ผู้ใช้กดยืนยันข้อมูล หากข้อมูลไม่ถูกต้อง ผู้ใช้สามารถปักหมุดลงบนแผนที่ของโปรแกรมเพื่อกำหนดพิกัดให้ป้ายใหม่ได้ โปรแกรมจะอัพโหลดข้อมูลที่ตรวจสอบแล้วไปยังฐานข้อมูลบนเครื่องแม่ข่ายทันที ในขณะเดียวกันผู้ดูแลระบบสามารถตรวจสอบว่ามีป้ายใดที่ยังไม่ได้มีการตรวจเช็คข้อมูลผ่านโปรแกรมบนแอนดรอยด์ได้อีกด้วย

เพื่อสร้างข้อมูลเส้นทางการเดินรถของรถประจำทางแต่ละสาย ผู้ดูแลระบบ (Admin) จะวาดเส้นทางบนโปรแกรม My Maps ของ Google Maps (2015) ตามเส้นทางการเดินรถของรถประจำทางแต่ละสาย โปรแกรม My Maps จะแปลงเส้นทางการเดินรถที่ผู้ดูแลระบบวาด ให้กลายเป็นค่าพิกัดที่เรียงตามลำดับตามเส้นทางที่วาดให้อัตโนมัติ ในรูปแบบของไฟล์ kml ซึ่งสามารถแสดงผลบน My Maps ได้ดังแสดงในรูปที่ 2

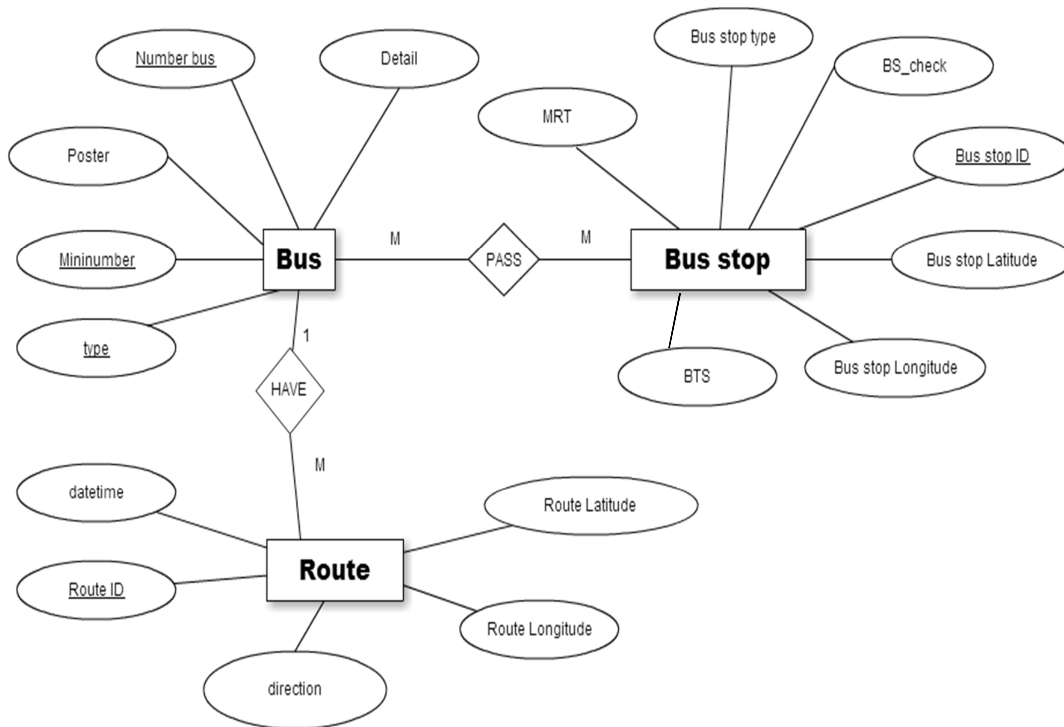


รูปที่ 2 ตัวอย่างข้อมูลเส้นทางการเดินรถบนโปรแกรม My Maps

จากนั้น ผู้ดูแลระบบจะเรียกใช้โปรแกรมภาษา Java ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นเพื่อแปลงข้อมูลในไฟล์ kml เป็นพิกัดเส้นทาง ที่แต่ละจุดห่างกันไม่เกิน 5 เมตร เพื่อนำมาเป็นข้อมูลเส้นทางการเดินรถ หลังจากนั้นโปรแกรมจะคำนวณร่วมกับข้อมูลพิกัดป้ายที่ได้จากโทรศัพท์แอนดรอยด์ของอาสาสมัคร เพื่อระบุว่ารถแต่ละสายวิ่งผ่านป้ายใดบ้าง โดยใช้ขั้นตอนวิธีที่อธิบายในหัวข้อ 3.3

ฐานข้อมูล

ฐานข้อมูลของระบบที่พัฒนาขึ้นแสดงในรูปที่ 3 โดยเอนทิตี Bus เก็บข้อมูลรถประจำทางแต่ละสาย ซึ่งมีพิกัดเส้นทาง(Route)จำนวนมาก ในขณะเดียวกัน รถประจำทางหนึ่งสายจะวิ่งผ่านป้าย(Bus stop) หลายป้าย ซึ่งหนึ่งป้ายมีรถหลายสายวิ่งผ่าน ระบบนี้ใช้ MySQL แบบ InnoDB เป็นระบบจัดการฐานข้อมูล เนื่องจากเป็นฐานข้อมูลที่มีความสัมพันธ์



รูปที่ 3 แผนภาพอีอาร์ของฐานข้อมูลระบบ

ขั้นตอนวิธีการคำนวณเส้นทางเดินรถ

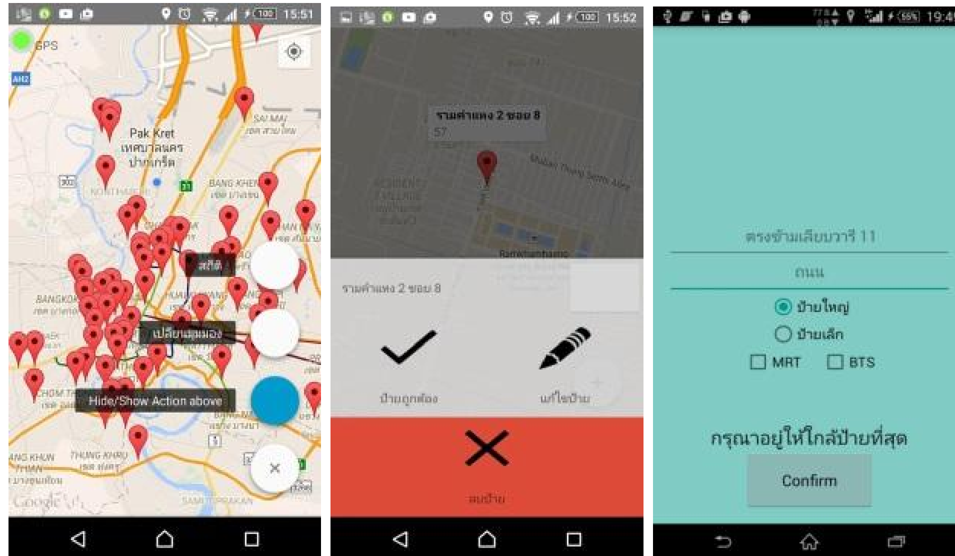
ในการคำนวณว่ารถแต่ละสายวิ่งผ่านป้ายใดบ้าง เราใช้วิธีดึงข้อมูลพิกัดรถสายหนึ่งที่อยู่ในรูปแบบไฟล์ kml และพิกัดของป้ายทั้งหมดจากฐานข้อมูล แล้วทำการคำนวณระยะห่างระหว่างป้ายกับพิกัดของรถที่เก็บได้ ว่ามีพิกัดใดให้ค่าระยะห่างน้อยกว่า 500 เมตรหรือไม่ โดยพิจารณาเฉพาะพิกัดป้ายที่อยู่ทางด้านซ้ายของพิกัดเส้นทางเดินรถเท่านั้น จากนั้นทำการเรียงลำดับป้ายโดยหาระยะทางจากป้ายที่รถวิ่งผ่านกับจุดเริ่มต้นของเส้นทางเดินรถ แล้วเรียงป้ายตามระยะทางจากน้อยไปมาก ก็จะได้เส้นทางการเดินรถผ่านป้ายรถ

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากพิกัดที่ได้เป็นพิกัดบนพื้นราบเท่านั้น ทำให้การตัดสินใจในกรณีพิเศษต่าง ๆ ทำได้ยาก เช่น ในกรณีที่ป้ายรถอยู่ใต้ทางด่วนแต่รถประจำทางวิ่งบนทางด่วนนั้น โปรแกรมอาจเข้าใจว่าป้ายดังกล่าวอยู่บนเส้นทางเดินรถด้วย ดังนั้นเมื่อโปรแกรมทำการคำนวณเสร็จแล้ว จะต้องมีผู้ดูแลระบบตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้งหนึ่งก่อนนำไปจัดเก็บลงในฐานข้อมูล

3. ผลการทดสอบระบบ

การทำงานของระบบเก็บข้อมูลป้ายรถ

เราได้ทำการทดสอบโปรแกรมการเก็บข้อมูลพิกัดป้ายรถ โดยโปรแกรมมีส่วนติดต่อผู้ใช้ดังนี้



รูปที่ 4 ส่วนติดต่อผู้ใช้โปรแกรมเก็บข้อมูลป้าย

รูปที่ 5 แสดงส่วนติดต่อผู้ใช้โปรแกรมเก็บข้อมูลป้ายรถ เมื่อผู้ใช้เปิดโปรแกรมเก็บข้อมูลป้ายรถบนโทรศัพท์แอนดรอยด์ โปรแกรมจะแสดงพิกัดป้ายรถที่ได้จาก ขสมก. ผู้ใช้สามารถกดเลือกป้ายรถและระบุว่าป้ายถูกต้อง หรือแก้ไขป้าย หรือลบป้ายรถได้ ถ้าผู้ใช้กดเลือกแก้ไขป้าย ผู้ใช้สามารถปักหมุดลงในพิกัดใหม่ของป้ายและโปรแกรมจะแสดงแบบฟอร์มให้แก้ไขข้อมูลป้ายรถ จากนั้นโปรแกรมจะส่งข้อมูลป้ายรถไปเก็บไว้ที่ฐานข้อมูลในเครื่องแม่ข่าย

ผลการทดสอบความแม่นยำของ GPS ของโทรศัพท์แอนดรอยด์

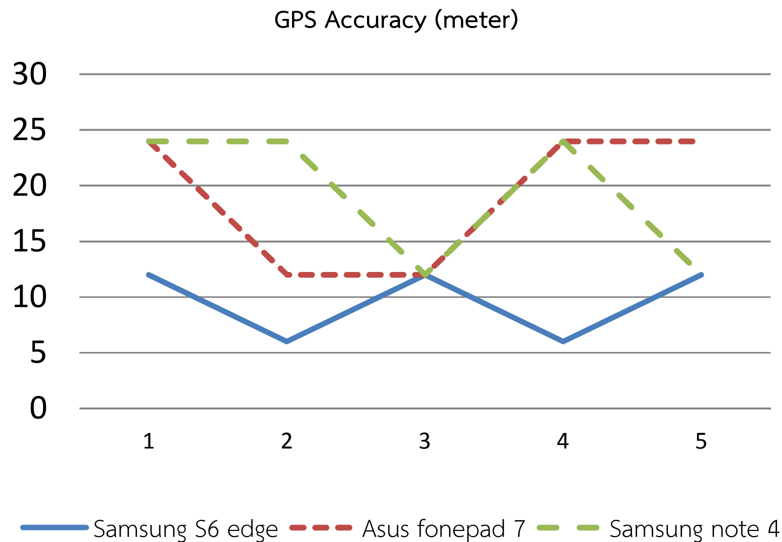
ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความแม่นยำ (Accuracy) ของค่าพิกัดที่ได้จาก GPS ของโทรศัพท์ระบบปฏิบัติการแอนดรอย์ที่ต่างกันจำนวน 3 รุ่น ได้แก่

1. Samsung Galaxy S6 Edge เป็นตัวแทนของโทรศัพท์รุ่นที่ดีที่สุดในปัจจุบัน,
2. Samsung Note 4 เป็นตัวแทนของโทรศัพท์รุ่นกลาง
3. Asus Fonepad 7 เป็นตัวแทนของโทรศัพท์ราคาถูก

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบโดยการยืนที่ป้ายรถบริเวณหน้ามหาวิทยาลัย และบันทึกผลที่ได้จากโปรแกรม GPS Test (Google Play Store 2015) ที่ติดตั้งบนโทรศัพท์ทั้ง 3 เครื่อง บันทึกผลเครื่องละ 5 ครั้ง โดยไม่มีการขยับร่างกาย ผลค่าความแม่นยำของ GPS ของโทรศัพท์แต่ละรุ่นเป็นดังแสดงในรูปที่ 5 โดยแกน x แสดงหมายเลขครั้งที่บันทึกข้อมูล และแกน y แสดงค่าความแม่นยำมีหน่วยเป็นเมตร ซึ่งค่าความแม่นยำที่น้อยกว่าจะหมายถึงค่าที่วัดได้แต่ละครั้งจะใกล้เคียงค่าที่ถูกต้องมากกว่า จากผลการทดสอบพบว่าโทรศัพท์รุ่น Samsung Galaxy S6 Edge ให้ค่าความแม่นยำอยู่ระหว่าง 6-12 เมตรซึ่งเป็นค่าที่ดีกว่า (ค่าน้อยกว่า) ส่วนโทรศัพท์อีกสองรุ่นกลับให้ค่าความแม่นยำใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 12-24 เมตร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Paul A. Zandbergen และ Sean J. Barbeau (2011) ที่ระบุว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่อัจฉริยะระบบปฏิบัติการแอนดรอย์หลายรุ่นมีความแม่นยำในระยะ 5.0-8.5 เมตร ส่วนอุปกรณ์ที่รับสัญญาณ GPS โดยเฉพาะมีความแม่นยำในระยะ 2-3 เมตร (Community Health Maps. 2014) ดังนั้น รุ่นของโทรศัพท์ซึ่งใช้อุปกรณ์ GPS ที่ต่างกัน มีผลต่อความแม่นยำของพิกัดที่สำรวจได้ ดังนั้นการใช้โทรศัพท์รุ่นที่ดีที่สุดจะช่วยลดความคลาดเคลื่อนของพิกัดได้

อย่างไรก็ตามการเก็บข้อมูลพิกัดป้ายรถประจำทางไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ GPS ที่ให้ความแม่นยำในระดับเซนติเมตร เนื่องจาก ในการใช้งานจริง ขนาดของป้ายรถเมล์รวมที่พักผู้โดยสารมีขนาดใหญ่กว่า 6 เมตร และหากป้ายรถ

ประจำทางอยู่ในระยะที่ผู้ใช้งานสามารถมองเห็นได้ (ประมาณ 6 เมตรเช่นกัน เนื่องจากสายตาของมนุษย์ในระดับ 20/20 สามารถมองเห็นอย่างชัดเจนในระยะประมาณ 20 ฟุต หรือ 6 เมตร) ดังนั้น GPS ที่มีความแม่นยำ 6-12 เมตรก็เพียงพอต่อการใช้งาน



รูปที่ 5 ค่าความแม่นยำ (Accuracy) ที่วัดได้จากโทรศัพท์แอนดรอยด์ทั้ง 3 รุ่น

ผลการทดสอบโปรแกรมสร้างเส้นทางเดินรถ

จากการทดสอบโปรแกรมการแปลงเส้นทางการเดินรถเป็นลำดับของป้ายที่รถวิ่งผ่าน ซึ่งทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ MSI GT70 ที่มี CPU Intel Core i7 2.40 GHz หน่วยความจำ 8GB โดยจับเวลาที่ใช้ในการคำนวณโดยใช้คำสั่ง System.nanoTime() ในภาษา Java จับเวลาการคำนวณ

ตารางที่ 1 แสดงประสิทธิภาพทางเวลาของโปรแกรมเมื่อทำการสร้างเส้นทางรถประจำทางสายต่าง ๆ ผ่านป้ายรถซึ่งมีจำนวนทั้งสิ้น 4,781 ป้าย พบว่าแต่ละสายรถมีจำนวนพิกัดบนเส้นทางที่เก็บข้อมูลมาไม่เท่ากัน ทำให้การคำนวณในเส้นทางของแต่ละสายใช้เวลาไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับจำนวนพิกัดของเส้นทางเดินรถที่เก็บมาได้ โดยโปรแกรมใช้เวลาโดยเฉลี่ยที่ 5.75 ms ในการคำนวณหนึ่งพิกัดบนเส้นทางเดินรถ

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพทางเวลาของการสร้างเส้นทางรถประจำทางผ่านป้ายรถ

สายรถ	จำนวนพิกัดบนเส้นทาง	เวลาที่ใช้ (ms)
510	10,722	60,622
24	5,572	32,816
70	5,712	32,775
66	5,596	31,961

อย่างไรก็ตาม การคำนวณนี้เป็นการทำงานแบบ pre-processing เพื่อเตรียมข้อมูลสำหรับการพัฒนาโปรแกรมเพื่อให้ข้อมูลการเดินทางโดยรถประจำทางต่อไป ดังนั้นเมื่อนำข้อมูลไปใช้ในโปรแกรมการค้นหาเส้นทางการเดินรถต่อไปในอนาคต ผู้ใช้งานทั่วไปจะไม่ต้องเสียเวลารอการคำนวณนี้

4. สรุป

ข้อมูลของระบบขนส่งมวลชนของ ขสมก.ไม่มีการปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปัจจุบันเป็นเวลานาน และไม่ได้มีการรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบ จึงทำให้การพัฒนาระบบการให้ข้อมูลการเดินทางในระบบของ ขสมก. ทำได้ยากลำบาก บทความนี้ได้กล่าวถึงการพัฒนาระบบเก็บข้อมูลป้ายรถประจำทางและสร้างข้อมูลเส้นทางการเดินรถ โดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลพิกัดป้ายรถ ส่งไปยังเครื่องแม่ข่ายฐานข้อมูล จากนั้นโปรแกรมในระบบจะทำการแปลงพิกัดป้ายกับเส้นทางที่เก็บรวบรวมได้ให้กลายเป็นเส้นทางการเดินรถประจำทางแต่ละสายโดยอัตโนมัติ ผลการทดสอบระบบพบว่าระบบสามารถเก็บข้อมูลป้ายรถและเส้นทางเดินรถได้ และโปรแกรมการสร้างเส้นทางเดินรถผ่านป้ายรถใช้เวลาคำนวณเฉลี่ย 5.75 ms ต่อหนึ่งพิกัดเส้นทางรถ ข้อมูลจากระบบดังกล่าวจะถูกนำไปใช้ในการสร้างระบบเพื่อให้ข้อมูลการเดินทางด้วยรถประจำทางแก่คนทั่วไปต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท YAK/Smart VC เป็นอย่างสูงที่เอื้อเฟื้อข้อมูลป้ายรถและข้อมูลการเดินรถประจำทางในสังกัดของ ขสมก. และให้คำแนะนำที่มีค่ายิ่งในการพัฒนาโปรแกรม

เอกสารอ้างอิง

การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย.(2556). รายงานประจำปี 2556, วันที่ค้นข้อมูล : 5 มิถุนายน 2558, เข้าถึงได้จาก : http://www.mrta.co.th/th/aboutMRTA/annualReport/All2556.pdf

กองนโยบายและแผนงาน, สำนักผังเมืองกรุงเทพมหานคร. รายงานการศึกษาเรื่อง:ข้อมูลผู้ใช้บริการระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ. วันที่ค้นข้อมูล : 5 มิถุนายน 2558, เข้าถึงได้จาก : http://cpd.bangkok.go.th:90/web2/strategy/DATA54_55/2MASST.pdf

สำนักการจราจรและขนส่ง, กรุงเทพมหานคร. สถิติจราจร ปี 2556. วันที่ค้นข้อมูล : 5 มิถุนายน 2558, เข้าถึงได้จาก: http://office.bangkok.go.th/dotat/StatBook/b2556.pdf

องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ. สายรถประจำทาง. วันที่ค้นข้อมูล : 5 มิถุนายน 2558,. เข้าถึงได้จาก : http://www.bmta.co.th/?q=th/bus-lines.

Google Geo APIs Team.(August 2009). Creating a Store Locator with PHP, MySQL & Google Maps, Retrieved: June 5, 2015, from: https://developers.google.com/maps/articles/phpsqlsearch_v3?csw=1

Google Maps. Retrieved: June 5, 2015, from: http://maps.google.co.th/.

Google Play. Retrieved: June 5, 2015, from: http://play.google.com/.

Movable Type Ltd. Calculate distance, bearing and more between Latitude/Longitude points. Retrieved: August 2, 2015, from: http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html

SiamTraffic.NET [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.siamtraffic.net (วันที่ค้นข้อมูล : 5 มิถุนายน 2558).

Thai Publica (17 กุมภาพันธ์ 2558). สำรวจค่าใช้จ่ายค่าเดินทางคนกรุงเทพฯ รถไฟ รถเมล์ เรือ วินมอ’ไซค์ ตุ๊กตุ๊ก และแท็กซี่, [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://thaipublica.org/2015/02/bangkok-public-transportation/ (วันที่ค้นข้อมูล : 5 มิถุนายน 2558)

Paul A. Zandbergen and Sean J. Barbeau (2011). Positional Accuracy of Assisted GPS Data from High-Sensitivity GPS-enabled Mobile Phones. Journal of Navigation, 64, pp 381-399. doi:10.1017/S0373463311000051.

Community Health Maps. U.S. National Ligbrary of Medicine (July 7th, 2014). **How Accurate is the GPS on my Smart Phone? (Part 2)** [online]. Available: http://communityhealthmaps.nlm.nih.gov/2014/07/07/how-accurate-is-the-gps-on-my-smart-phone-part-2/ (last accessed: December 12th, 2015)

การถ่ายทอดเวลาและความถี่ในประเทศไทยด้วยสัญญาณจาก GPS

GPS Time and frequency transfer in Thailand

ทยาทิพย์ ทองตัน

Thayathip Thongtan

Time and Frequency Laboratory, National Institute of Metrology Thailand

โทรศัพท์ 02 5775100 ต่อ 1335 / โทรสาร 02 5773658 / e-mail thayathip@nimt.or.th

บทคัดย่อ

การถ่ายทอดสัญญาณเวลาและความถี่ด้วยสัญญาณจากระบบดาวเทียม GPS เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้เปรียบเทียบสัญญาณเวลาจากนาฬิกาในห้องปฏิบัติการที่ตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ต่างกันเพื่อหาคุณสมบัติต่างๆ ของนาฬิกาซึ่งรวมถึงค่าความแตกต่างของนาฬิกา ค่าความถูกต้องและค่าความเสถียร วิธีการเปรียบเทียบทำได้โดยวิธีการมุมมองร่วมสัญญาณจากระบบดาวเทียม GPS ด้วยการใช้มาตรเวลาร่วมซึ่งประกอบด้วย มาตรเวลาจากนาฬิกาบนดาวเทียม เวลาตามระบบ GPS หรือ มาตรเวลา IGS บทความนี้แสดงผลสมรรถนะของสัญญาณเวลา GPS และค่าความถี่ถ่ายทอดที่เกิดจากการเปรียบเทียบสัญญาณเวลาระหว่างสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติและกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ ขณะทำ
การวัดเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของนาฬิกามีค่าประมาณ 13 นาโนวินาที ค่าความถูกต้องอยู่ที่ 2.1×10^{-13} และค่าความเสถียรอยู่ที่ 7.0×10^{-14} ในระยะเวลา 1 วัน

คำสำคัญ: การถ่ายทอดเวลาด้วยสัญญาณจากดาวเทียม GPS, วิธีการมุมมองร่วมด้วยสัญญาณจากระบบดาวเทียม GPS

ABSTRACT

GPS time and frequency transfer is a method to compare clocks located in different laboratories in order to determine their clock characteristics including clock offsets, accuracy and stability. The comparison method is GPS common-view by using a common timescale: satellite clocks and GPS system time. This paper shows the current performance of the GPS time and frequency transfer by the National Institute of Metrology Thailand (NIMT) and the Hydrographic Department, Royal Thai Navy (HDRTN). The preliminary comparisons result to clock characteristics determinations is clock offsets are around 13 nanoseconds, accuracy is at 2.1×10^{-13} and stability is at 7.0×10^{-14} per day.

KEY WORDS: GPS time transfer, GPS common-view

Abbreviations and acronyms

CGGTTS	Common GPS GLONASS Time Transfer Standard format
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPST	GPS system time
HDRTN	Hydrographic Department, Royal Thai Navy
IGS	International GNSS Service
NIMT	National Institute of Metrology Thailand
UTC	Coordinated Universal Time

1. Introduction

In Thailand, there are two government agencies responsible for timing activities namely, HDRTN and NIMT.

HDRTN main function is to disseminate time of day to the nation via internet network and speaking clock (กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ, 2558). They maintain three caesium frequency standards 24/7 in an environment controlled room and generate their local timescale called UTC(HDRTN). GPS signals are monitored. Their time is traceable to NIMT by GPS common-view time transfer.

NIMT time and frequency laboratory is responsible for time and frequency metrology of Thailand. Main activities include time keeping and time disseminations. Time keeping is by maintaining the local frequency standard and generating a Coordinated Universal Time kept at NIMT called UTC(NIMT), which is traceable to UTC by measuring the time differences of each operated clocks and observing the GPS pseudorange observations. This UTC(NIMT) is realised as Thailand standard time. This time is disseminated through calibration services and by broadcasting time of day through: internet network, FM radio frequency and telephone network (สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ, 2558).

This paper shows clock comparison results between HDRTN and NIMT, with the quality measures in terms of both accuracy and stability. GPS time transfer technique applied in this comparison is GPS common-view where the two timescales are applied as a common timescale for comparisons that are: satellite clocks and GPS system time.

2. GPS timing observations

This section comprises of two parts: (1) measurement scenario and (2) data output from the GPS observations.

2.1 Measurement scenario

The two timing receivers at NIMT and HDRTN are as shown in Table 1. The observed GPS data is available online and free to download. The standard CGGTTS data format file is standard output for GPS time receiver and is used for remote clock comparisons. The CGGTTS stands for the Common GPS GLONASS Time Transfer Standard format.

Table 1 NIMT and HDRTN stations information

Site identification		
Site name	NIMT	HDRTN
Data output format	Standard CGGTTS	Standard CGGTTS, RINEX
Date installed	4 November 1997	12 September 2015
Monument foundation	Roof of the building	Roof of the building
Site location information		
City or town	Thanyaburi	Bangna
State or province	Pathumthani	Bangkok
Country	Thailand	Thailand
Tectonic plate	EURASIAN	EURASIAN
Approximate position (ITRF)		
X coordinate (m)	-1150489.20	-1138622.17
Y coordinate (m)	6080854.00	6093168.25
Z coordinate (m)	1537597.84	1497620.18
Receiver information		
Receiver type	Topcon Euro-80	DICOM GTR52
Satellite system	GPS	GPS
Elevation cut-off setting	15 degrees	0 degree
Number of channels	12	20
Data collection		
Sampling time	13 seconds	13 seconds
Data access	http://203.185.69.45/Topcon/	http://202.129.57.132/astrotime/
Delays		
Internal delay	42.9 ns	-27.4 ns (GPS C1), -32.8 ns (GPS P1), -27.3 ns (GPS P2)
Antenna cable delay	120.0 ns	128.2 ns
Internal reference offset	7.1 ns	0 ns

The pseudorange measurements of 1 PPS timing signals from the GPS timing receiver and the 1 PPS timing signals from the external frequency standard are directly compared at the time interval counter. The method used for comparison is phase measurements. CGGTTS data is directly available after the comparisons (BIPM, 2001). The measurement diagram at NIMT is as shown in Figure 1. The instrument connection setting at HDRTN is the same as NIMT's settings.

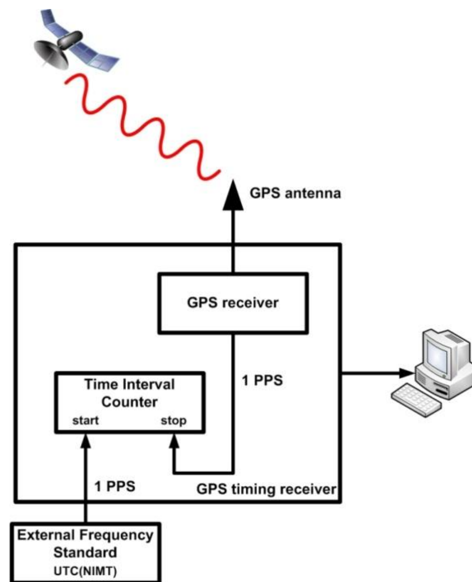


Figure 1 Schematic diagram of instrument settings at NIMT

2.2 Output from GPS timing receiver at NIMT

The output of these GPS observations is in CGGTTS format. Figure 2 shows an example of observed GPS data using the timing receiver at NIMT.

PRN	CL	MJD	STTIME	TRKL	ELV	AZTH	REFSV	REFGPS	IOE	MDTR	MDIO	MSIO
			hhmmss	s	.1dg	.1dg	.1ns	.1ns		.1ns	.1ns	.1ns
7	FF	57338	1000	585	111	1653	-4805899	68	120	57	20	87
28	FF	57338	1000	780	672	475	-4807864	-13	211	13	6	100
17	FF	57338	1000	780	370	3553	1937390	21	76	9	12	71
3	FF	57338	1000	780	215	569	-143831	76	133	43	33	27

Figure 2 Example of CGGTTS data format

where

PRN is the satellite vehicle PRN number ranged from 1 to 32

MJD is the five digit Modified Julian Date of the start of the track

STTIME is hour, minute, and second (in UTC) of the start of the track

TRKL is the track length in seconds (a full track is 780 seconds)

ELV is the elevation of the satellite at the midpoint of the track

AZTH is the azimuth of the satellite at the midpoint of the track

REFSV is the time difference (measured in .1 nanosecond) between the laboratory reference clock and satellite time, referred to the midpoint of the pass via a linear fit

REFGPS is the time difference (measured in .1 nanosecond) between the laboratory reference clock and GPS system time, referred to the midpoint of the pass via a linear fit

The timing information retrieved from this data is:

(1) clock offsets between the laboratory reference clock and satellite vehicle time; REFSV. The time difference between UTC(NIMT) and each satellite clock offsets is averaged in 1 day for each satellite.

(2) clock offsets between the laboratory reference clock and GPST; REFGPS. The time difference between UTC(NIMT) and GPST are averaged in 1 day for each satellite.

(3) clock offsets between each satellite vehicle clock and GPST; REFGPS-REFSV. The time difference between each satellite vehicle time and GPST is computed from the averaged above two timescales.

These three timescales are plotted against the computed time satellite vehicle clock, with respected to GPST by IGS. This IGS product is called IGS final orbit product which contains the computed data of GPS ephemeris, clock and earth orientations. They are in the extended standard product 3 orbit format (SP3) (IGS, 2015). The comparisons of these timescales are shown in Figure 3. It is a daily data at NIMT on MJD 57338 (13 November 2015). It shows that the timescale kept at NIMT is more stable than the timescale of each satellite clock.

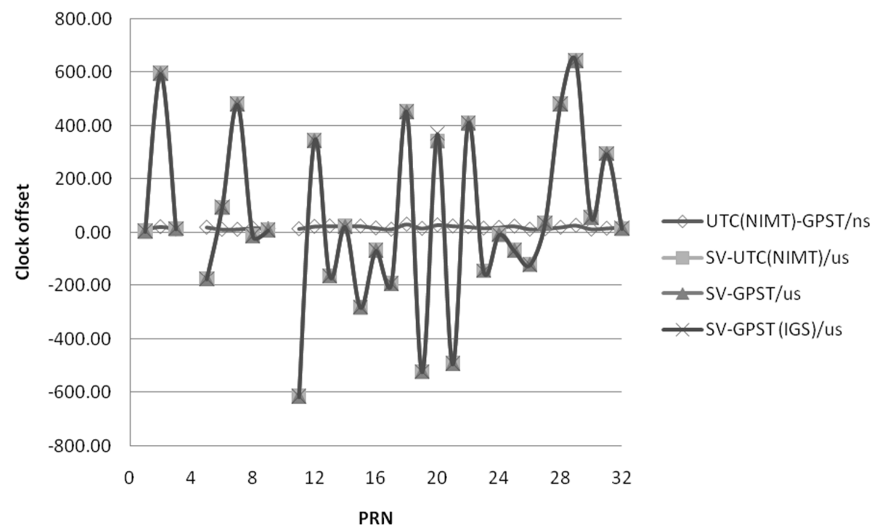


Figure 3 Clock offsets comparisons between different timescales observed at NIMT

The time differences between UTC(NIMT) and GPST is approximately 20 nanoseconds, which translates to around 6 meter range equivalent.

3. GPS time transfer

The following explains three folds namely (1) the GPS common-view observation equation, (2) the length determination between two sites and (3) the computation steps.

3.1 GPS common-view measurement equation

The time transfer method for clock comparisons between NIMT and HDRTN is GPS common-view. This technique is by making the range observations by two or more receivers observing the same satellite at the same time. The reference clock at the receiver is determined in terms of clock offsets and time difference with UTC.

The GPS observations are:

Ta = Clock(NIMT) – Clock(Ref) (1)

Tb = Clock(HDRTN) – Clock(Ref) (2)

where

Ta is signal travelling time from the observed GPS satellites to the receiver at site a (second),

Tb is signal travelling time from the observed GPS satellites to the receiver at site b (second),

Clock(NIMT) is the measured time at NIMT (second),

Clock(HDRTN) is the measured time at HDRTN (second),

Clock(Ref) is the propagated time at the reference clock, such as satellite clock or GPST (second).

The common-view computation is subtracting the two above observations, Equation (1) and Equation (2). The reference clock offsets are cancelled out. The clock comparisons between the two sites can be determined as:

X = Clock(NIMT) – Clock(HDRTN) (3)

where

X is the time difference between the two station clocks (second),

Clock(NIMT) is the measured time at NIMT (second),

Clock(HDRTN) is the measured time at HDRTN (second).

These following parameters have to be identical: satellite vehicle PRN number (PRN), observation date (MJD), observation time (STTIME) and tracking length (TRKL).

3.2 Length between two stations

The length between two stations is determined from (1) circular arc length and (2) Pythagoras theorem. The distance between NIMT and HDRTN is approximately 43.5 kilometers. Data could be taken from the

approximate positions, see Table 1. The position location taken from the online Google map is shown in Figure 4.



Figure 4 Distances between NIMT and HDRTN

(1) Circular arc length. The circular arc length between the fixed and unfixed of satellite or station clock offsets is calculated from the Equation (4).

$$S = \frac{2\pi r}{360} \times \theta \qquad (4)$$

where

S is the arc length (meter),

π is a mathematical constant of a circle circumference,

θ is a radius of a circle (meter),

r is an angle between the two station clock offsets (degree).

It is noted that:

(a) π is approximately equal to 3.14159.

(b) The earth radius is defined as the earth radius at the equator of 6,378,137 meters.

The angle between two positions is computed with the relationship of dot product of two vectors in Euclidean space. Rearranging this dot product equation gives the cosine of the angle between the two vectors as specified in Equation (5) (Strang, G. and Borre, K., 1997).

$$\cos\theta = \frac{\bar{u} \cdot \bar{v}}{\|\bar{u}\|\|\bar{v}\|} \qquad (5)$$

The Equation (4) has to satisfy the Cauchy–Schwarz inequality as specified in Equation (6).

$$|\vec{u}\cdot\vec{v}| \le \|\vec{u}\|\|\vec{v}\| \quad (6)$$

where

$\vec{u}$ is a position vector of NIMT (meter),

$\vec{v}$ is a position vector of HDRTN (meter),

$\|\vec{u}\|$ is a length of a position vector of NIMT (meter),

$\|\vec{v}\|$ is a length of a position vector of HDRTN (meter).

The length of a position vector is computed from Equation (7).

$$\|\vec{u}\| = \sqrt{\vec{u}\cdot\vec{u}}$$
$$\|\vec{v}\| = \sqrt{\vec{v}\cdot\vec{v}} \quad (7)$$

(2) Pythagorean Theorem. The distance is computed from the length of the hypotenuse of the right triangle, Equation (8).

$$D = \sqrt{(x_{NIMT} - x_{HDRTN})^2 + (y_{NIMT} - y_{HDRTN})^2 + (z_{NIMT} - z_{HDRTN})^2} \quad (8)$$

where

D is the distance between two points (meter),

$(x_{NIMT}, y_{NIMT}, z_{NIMT})$ is the coordinates at NIMT (meter),

$(x_{HDRTN}, y_{HDRTN}, z_{HDRTN})$ is the coordinates at HDRTN (meter).

Table 2 Circular arc distance and straight line length calculation

Approximate position (ITRF)	NIMT	HDRTN
X coordinate (m)	-1150489.20	-1138622.17
Y coordinate (m)	6080854.00	6093168.25
Z coordinate (m)	1537597.84	1497620.18
Length of a position vector (m)	6376881.52	6376991.92
$\|\vec{u}\cdot\vec{v}\| \le \|\vec{u}\|\|\vec{v}\|$	True	
Circular arc distance (m)	43498.33	
Straight line length (m)	43490.24	

The distance calculations between NIMT and HDRTN are almost identical because the distance is short compared to the Earth dimension.

3.3 Computations

Computation steps of are as followings.

(1) Check the tacking length. If the tracking time is less than full tack; 780 seconds, then that observation epoch is eliminated.

(2) Check the observation date, time and satellite vehicle numbers. The date, time and satellite PRN have to be the same between the observed data at NIMT and HDRTN.

(3) Compute the clock offsets. This can be determined from (a) the time difference between the laboratory reference clock and satellite time or (b) the time difference between the laboratory reference clock and GPS system time.

(4) Compute the accuracy of the clock offsets between the two stations.

(5) Compute the stability of the clock offsets. This stability is estimated using Allan deviation.

4. Results

The results contain (1) clock offsets and its quality measures both (2) accuracy and (3) stability during the selected observation period from 30 October 2015 to 13 November 2015. The average number of common visible satellites is 7 satellites in a day at 7.5 degrees horizontal cut-off elevation. GPS satellite PRN10 is not in operation.

4.1 Clock offsets

The clock offsets between NIMT and HDRTN ranged from -36 nanoseconds to 6 nanoseconds, which correspond to the range error of around 40 centimeters up to 11 meters respectively. If the clock offsets have a negative value, it means that the observed NIMT time is running slower than the observed HDRTN time. This comparisons provide the traceability of UTC(HDRTN) and UTC(NIMT) as well as UTC. The results are shown in Figure 5.

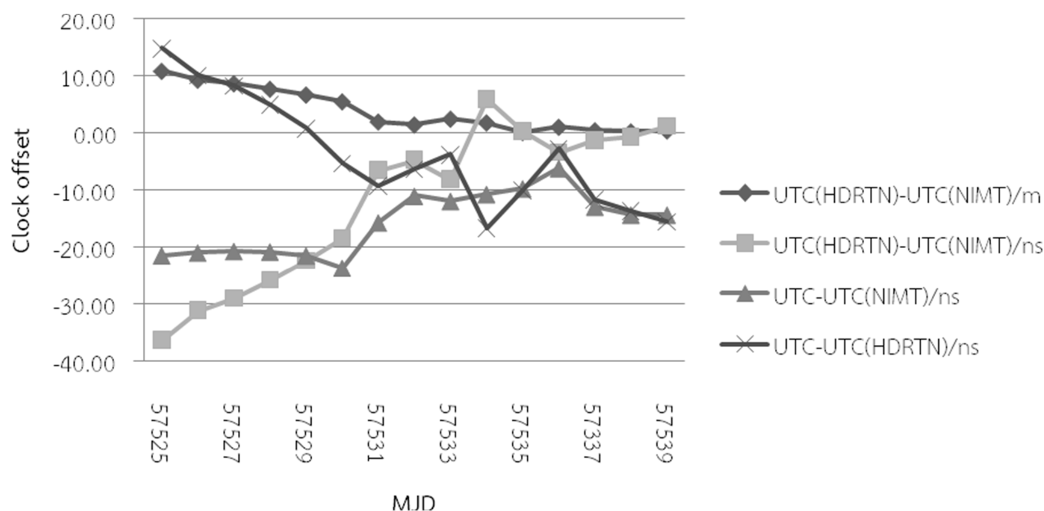


Figure 5 Daily averaged clock offsets between NIMT and HDRTN during the observations

The time differences between UTC(HDRTN) and UTC(NIMT) is computed using GPS common-view technique.

The time differences between UTC and UTC(NIMT) is determined by the BIPM and is available on the BIPM time department website which could be accessed via this link, http://www.bipm.org. The data is taken from the rapid UTC (UTCr) which is the new version of UTC that published weekly. The daily clock measurement data and daily GPS observations from timing laboratories are collected from about 400 clocks of about 70 laboratories around the world (BIPM, 2001). The BIPM calculated produces the UTC time and time differences between UTC and each timing laboratory who contributes those timing data. NIMT is one of the laboratories.

The time differences between UTC and UTC(HDRTN) is computed from the above two time differences using linear combinations, see Figure 5.

4.2 Accuracy

The computed accuracy in terms of frequency offsets. The frequency offset defines in the time domain as the measured time difference between the reference and the measured value specified as (Strang, G. and Borre, K., 1997):

$$f(offset) = \frac{\Delta t}{T} \tag{9}$$

where

$f(offset)$ is the frequency offset (second/second),

Δt is the difference between time interval measurements (second),

T is the measurement period (second).

The results on the measurement accuracy are as shown in Table 3. The frequency offsets is calculated by using satellite vehicle time and GPST as references. The accuracy determination of the GPS observations using the satellite vehicle are sometimes slightly higher compared to the accuracy determined using GPST as references. The accuracy is averagely at 2.1×10^{-13} which is equivalent to 64.2 micrometers in distance.

Table 3 Frequency offsets between NIMT and HDRTN

MJD	Date	Accuracy	
		Computed from REFSV	Computed from REFGPS
57325	30 October 2015	1.56×10^{-13}	1.52×10^{-13}
57326	31 October 2015	8.82×10^{-14}	8.81×10^{-14}
57327	1 November 2015	1.22×10^{-13}	1.15×10^{-13}
57328	2 November 2015	9.50×10^{-14}	9.40×10^{-14}
57329	3 November 2015	1.94×10^{-13}	1.89×10^{-13}
57330	4 November 2015	3.83×10^{-13}	3.83×10^{-13}
57331	5 November 2015	2.69×10^{-13}	2.69×10^{-13}
57332	6 November 2015	1.34×10^{-13}	1.34×10^{-13}
57333	7 November 2015	2.46×10^{-13}	2.46×10^{-13}
57334	8 November 2015	1.48×10^{-13}	1.48×10^{-13}
57335	9 November 2015	3.65×10^{-13}	3.65×10^{-13}
57336	10 November 2015	2.30×10^{-13}	2.30×10^{-13}
57337	11 November 2015	2.75×10^{-13}	2.75×10^{-13}
57338	12 November 2015	2.40×10^{-13}	2.46×10^{-13}
57339	13 November 2015	2.67×10^{-13}	2.66×10^{-13}
Mean		2.14×10^{-13}	2.13×10^{-13}

4.3 Stability

The stability of the clock comparisons are computed using Allan deviation in time domain. The equation for Allan deviation is (Strang, G. and Borre, K., 1997):

$$\sigma(\tau)=\sqrt{\frac{1}{2(N-2)\tau^2}\sum_{i=1}^{N-2}\left[x_{i+2}-2x_{i+1}+x_i\right]^2} \qquad (10)$$

where

$\sigma(\tau)$ is the Allan deviation (second/second),

x_i is a series of phase measurements (second),

N is the number of values in the measurement series,

τ is the equally measurement space (second).

The corresponding stability is as shown in Figure 6.

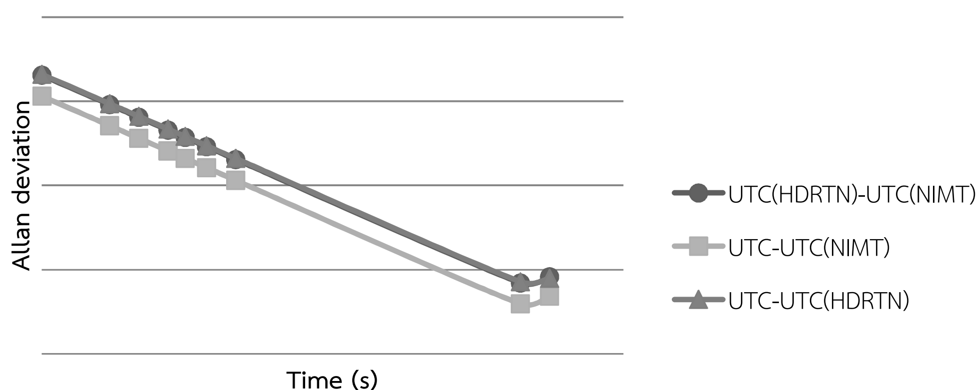


Figure 6 Frequency stability of the clock comparisons between NIMT and HDRTN

This comparison shows that the clock stabilities per day kept at NIMT and HDRTN are 4.85×10^{-14} and 7.93×10^{-14} accordingly. Clock behaviour can be improved by applying some algorithms as well as some clock steering.

5. Conclusions

Clocks that are in different location and are in operation all the time can be compared in order to determine the clock characteristics. One of the methods for clock comparisons is GPS common-view. The timing receivers at NIMT and HDRTN simultaneously measure the travelling timing signals from the visible GPS satellites and compared to their local clocks. The local timescale at NIMT and HDRTN are UTC(NIMT) and UTC(HDRTN) respectively. The GPS observation data are recorded daily with the interval of 780 seconds in the CGGTTS format for time transfers. The data are compared to determine the time differences between two timescales and their characteristics both accuracy and stability. The timing offsets are within 50 nanoseconds. The clock accuracy is 2.1×10^{-13} and its stability is at 7.0×10^{-14} per day. Improving the HDRTN performances could lead to better stability.

References

กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ. (2558). **การเทียบเวลาทางอินเตอร์เนต**. Retrieved November 15, 2015, from http://www.hydro.navy.mi.th/.

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ. (2558). **มาตรฐานแห่งชาติ.** Retrieved November 15, 2015, from http://www.nimt.or.th/index.php.

BIPM. (2001). **CGGTTS guidelines for manufacturers of GNSS receivers used for timing**. Retrieved November 15, 2015, from www.bipm.org/cc/CCTF/Allowed/15/CCTF_01_36.pdf.

IGS. (2015). **IGS product availability**. Retrieved November 16, 2015, from https://igscb.jpl.nasa.gov/components/prods_cb.html.

Strang, G. and Borre, K. (1997). **Linear Algebra, Geodesy, and GPS**. Wellesley, MA: Wellesley Cambridge Press.

NIST. (2015). **Time and frequency from A to Z**, Retrieved November 19, 2015, from http://www.nist.gov/pml/div688/grp40/glossary.cfm.

Acknowledgements

This work is linked to the HDRTN. My thanks go to Captain Thanakorn Najarn and Commander Vorakarn Saovieng for providing the GPS observation data and my thanks also extend to colleague at NIMT electrical metrology department for their kind supports.

การประมวลผลจุดเดี่ยวความละเอียดสูงโดยใช้ข้อมูลจากระบบดาวเทียม GPS GLONASS และ BeiDouด้วยโปรแกรมPANDA

Combined GPS, GLONASS and BeiDou precise point positioning mode using PANDA software

ชัยพร กิจประชา[1] รตา สุวรรณทอง[2] และเฉลิมชนม์ สถิระพจน์[1]

Chaiyaporn Kitpracha[1], Rata Suwantong[2] and Chalermchon Satirapod[1]

[1]Chulalongkorn University,Department of Survey Engineering

[2]Geo-Informatics and Space Technology Development Agency, GISTDA Academy

E-mail: anoozster@gmail.com, rata@gistda.or.th, chalermchon.s@chula.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันระบบดาวเทียมนำหนที่สามารถใช้งานได้มีอยู่ด้วยกัน 3 ระบบ คือ GPS ของสหรัฐอเมริกา GLONASS ของรัสเซีย และ BEIDOU ของจีน โดยทั่วไปการมีข้อมูลจากจำนวนดาวเทียมที่มากขึ้นจะส่งผลให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลมีประสิทธิภาพในเรื่องความถูกต้องและความเชื่อถือได้ของการหาค่าพิกัดบทความนี้นำเสนอวิธีการประมวลผลรังวัดจุดเดี่ยวความละเอียดสูงด้วยข้อมูลจากดาวเทียมนำหนทั้ง 3 ระบบประมวลผลร่วมกันเพื่อหาค่าพิกัดของจุดเดี่ยวที่มีความละเอียดสูงโดยใช้โปรแกรมเชิงวิจัย Position and Navigation Data Analyst (PANDA) โดยศูนย์วิจัย GNSS มหาวิทยาลัยวู่ฮั่น มีการแสดงผลลัพธ์เชิงตำแหน่ง และความน่าเชื่อถือทางสถิติในการประมวลผลจุดเดี่ยวความละเอียดสูงด้วยโปรแกรมเชิงวิจัยนี้จากผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงให้เห็นว่าความแม่นยำของการใช้ข้อมูล GPS เพียงอย่างเดียว จะมีความแม่นยำน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการใช้ข้อมูลร่วมกันระหว่าง GPS และ GLONASS ในการประมวลผลแบบจุดเดี่ยวความละเอียดสูง

คำสำคัญ: รังวัดจุดเดี่ยวความละเอียดสูง, การประมวลผลข้อมูลดาวเทียมหลายระบบ, โปรแกรม Position and Navigation Data Analyst

ABSTRACT

At present, the global navigation satellite systems contain 3 main operational constellations namely; the US GPS, the Russian GLONASS and the Chinese BEIDOU. Theoretically, a large number of satellite availabilities will improve positively on positioning determination as well as its performance, in term of both accuracy and reliability. This paper focuses on the processing of data in the Precise Point Positioning (PPP) mode with the three existing global multi-GNSS constellations using the Position and Navigation Data Analyst (PANDA) software developed by the GNSS Research Center, Wuhan University. The positioning results and its statistics obtained from the PANDA software are presented.The results show that the precision of PPP for GPS-only solutions is less the precisions of the observed GPS/GLONASS solutions.

KEY WORDS: Precise Point Positioning, multi-constellations data processing, Position and Navigation Data Analyst Software

1. บทนำ

ระบบดาวเทียมนำหนในปัจจุบันที่ใช้งานได้อย่างเต็มระบบโดยสามารถใช้ได้อย่างทั่วโลก จะมีอยู่ 2 ระบบด้วยกันคือ GPS (Global Positioning System) ของสหรัฐอเมริกา และ GLONASS (Global Navigation Satellite System) ของรัสเซีย อีกทั้งมีระบบดาวเทียมนำหนอื่นๆ ในปัจจุบันที่ยังใช้งานได้ไม่เต็มระบบได้แก่ BeiDou ของจีน และ Galileo ของสหภาพยุโรป ระบบที่กล่าวมาสามารถเรียกรวมได้ว่า GNSS (Global Navigation Satellite System)

ในการประมวลผลข้อมูลรังวัดดาวเทียมแบบจุดเดี่ยวความละเอียดสูง ปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้ค่าพิกัดที่ได้มีความถูกต้องสูงและน่าเชื่อถือ ขึ้นอยู่กับจำนวนดาวเทียมที่รับสัญญาณ เรขาคณิตทางตำแหน่งของดาวเทียม และความถูกต้องของข้อมูลวงโคจร และค่านาฬิกาดาวเทียมที่ใช้การนำข้อมูลรังวัดดาวเทียม GNSS มาประมวลผลร่วมกันจะยิ่งช่วยเพิ่มจำนวนดาวเทียมที่รับสัญญาณ อีกทั้งสามารถช่วยให้มีเรขาคณิตทางตำแหน่งที่ดีขึ้น ปัจจุบันสามารถนำข้อมูลรังวัดดาวเทียมจาก GPS และ GLONASSซึ่งใช้ได้เต็มระบบอย่างทั่วโลก แต่ยังสามารถนำดาวเทียมนำหนระบบอื่นๆที่ยังไม่เต็มระบบเช่น Galileo และ BeiDou มาร่วมประมวลผลเพื่อหาตำแหน่งแบบจุดเดี่ยวความละเอียดสูงได้อีก แต่ยังต้องพิจรณาความเหมาะสมเรื่องวงโคจรว่ามีความเหมาะสมในแต่ละภูมิภาค ซึ่งในบริเวณประเทศไทยซึ่งอยู่ในแถบเอเชีย-แปซิฟิก จากงานวิจัยที่ผ่านมาระบบดาวเทียม BeiDou นั้นมีความเหมาะสมมากกว่า Galileo **(Li, et al., 2014)**

ในบทความนี้จะทำการประมวลผลข้อมูลรังวัดดาวเทียมจุดเดี่ยวความละเอียดสูง โดยใช้ข้อมูลจาก GPS อย่างเดียว ข้อมูลจาก GPS ร่วมกับ GLONASS และ ข้อมูลจาก GPS ร่วมกับ GLONASS และ BeiDou แบบสถิตย์โดยใช้โปรแกรมเชิงวิจัยที่ชื่อว่า Position and Navigation Data Analyst (PANDA) ซึ่งพัฒนาโดยศูนย์วิจัย GNSS มหาวิทยาลัยวู่ฮั่น เพื่อหาค่าพิกัดคาร์ทีเซียน (Cartesian coordinate) ของตำแหน่งสถานีฐาน บนพื้นหลักฐาน ITRF2008 และทำการเปรียบเทียบค่าพิกัดของข้อมูลทั้ง 3 ชุด ตามข้างต้น โดยจะวิเคราะห์การแกว่งตัว (repeatability) ของค่าพิกัดทั้ง 3 แกน และแสดงค่าความน่าเชื่อถือทางสถิติของข้อมูลทั้ง 3 ชุดข้อมูล

2. วิธีการวิจัย

2.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

- ข้อมูลวงโคจรดาวเทียมและข้อมูลนาฬิกาดาวเทียมความละเอียดสูง จาก ศูนย์วิจัย GNSS มหาวิทยาลัยวู่ฮั่น
- ข้อมูลรังวัดดาวเทียมแบบที่มีข้อมูลทั้งสองความถี่ ตั้งแต่วันที่ 22 มกราคม 2015 ถึง วันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2015

2.2 โปรแกรมที่ใช้ในการศึกษา

- โปรแกรมเชิงวิจัยที่ชื่อว่า Position and Navigation Data Analyst (PANDA) ที่พัฒนาโดย ศูนย์วิจัย GNSS มหาวิทยาลัยวู่ฮั่น

2.3 การประมวลผลข้อมูล GNSS

การประมวลผลแบบจุดเดี่ยวความละเอียดสูงนั้น ด้วยโปรแกรมเชิงวิจัย PANDA นี้ พารามิเตอร์ที่จำเป็นต้องประมาณค่าจากการคำนวณประกอบไปด้วย ค่าพิกัดของตำแหน่งเครื่องรับ ค่าคลาดเคลื่อนนาฬิกาเครื่องรับ ค่าคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ ค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความถี่ที่ต่างกัน เมื่อทำการประมวลผลสัญญาณ GNSS หลายระบบ ส่วนค่าคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์นั้นจะถูกขจัดโดยใช้ข้อมูลสองความถี่ ดังนั้น สมการสำหรับการประมวลผลแบบจุดเดี่ยวความละเอียดสูงสามารถเขียนได้เป็นดังนี้

$$\begin{aligned} P^j(i) &= \rho^j(i) + c\left(\delta t(i) - \delta T^j(i)\right) + ZTD(i)\cdot M(e^j(i)) + \varepsilon_p \\ \varphi^j(i)\cdot\lambda &= \rho^j(i) + c\left(\delta t(i) - \delta T^j(i)\right) + ZTD(i)\cdot M(e^j(i)) + N^j(i)\cdot\lambda + \varepsilon_\varphi \end{aligned} \qquad (1)$$

จากสมการที่ 1 i และ j คือหมายเลขของลำดับของข้อมูลที่รับ(epoch) และ หมายเลขดาวเทียมตามลำดับ $\boldsymbol{P^j(i)}$และ$\boldsymbol{\varphi^j(i)}$คือ สมการค่ารังวัดแบบซูโดเรนจ์ (Pseudo range) และ แบบเฟสคลื่นส่ง(Carrier phase) ส่วน $\boldsymbol{\rho^j(i)}$คือ ระยะทางจากดาวเทียมถึงเครื่องรับ $\boldsymbol{\delta t(i)}$และ $\boldsymbol{\delta T^j(i)}$คือค่าคลาดเคลื่อนนาฬิกาเครื่องรับและค่าคลาดเคลื่อนนาฬิกาดาวเทียมตามลำดับ $\boldsymbol{\lambda}$ความยาวคลื่นของ ไอโอโนสเฟียร์ฟรี (ionosphere free) $\boldsymbol{ZTD(i)}$ คือ ค่าคลาดเคลื่อนชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ในแนวดิ่ง (Zenith Total Delay) ของแต่ละข้อมูล$\boldsymbol{M(e^j(i))}$คือ

Mapping ฟังก์ชั่น ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของมุมสูงดาวเทียม $N^j(i)$คือ เลขปริศนาของข้อมูลไอโอโนสเฟียร์ฟรี (ionosphere free ambiguity) ε_pและε_φถูกจัดให้เป็นค่าคลาดเคลื่อนเนื่องจาก คลื่นหลายวิถี (Multipath) และ ส่วนรบกวนของข้อมูล (Observation noise) สำหรับข้อมูล แบบซูโดเรนจ์ (Pseudo range) และ แบบเฟส คลื่นส่ง(Carrier phase)ตามลำดับ

สำหรับค่าพิกัดดาวเทียมและค่าคลาดเคลื่อนของนาฬิกาดาวเทียมนั้นสำหรับการประมวลผลจุดเดี่ยวความละเอียดสูงจะใช้ข้อมูลจากศูนย์วิจัย GNSS มหาวิทยาลัยวู่ฮั่น ซึ่งค่าพิกัดทั้งดาวเทียมและผลลัพธ์ค่าพิกัดของเครื่องรับจะตั้งอยู่ในระบบ ITRF2008

ค่ามุมสูงดาวเทียมในการรับสัญญาณจะอยู่ที่ 5 องศา และ มีการนำค่าความแปรป่วนของแต่ละองค์ประกอบมาเป็นน้ำหนักในการประมาณค่า อีกทั้งยังมีการพิจรณาถึงความคลาดเคลื่อนในดาวเทียม เช่น ความคลาดเคื่อนในเสาอากาศดาวเทียมและความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนของเสาอากาศดาวเทียม รวมถึงพิจรณาความคลาดเคลื่อนที่อยู่บนภาคพื้นดิน เช่น ค่าคลาดเคลื่อนเนื่องจากแรงดันมหาสมุทร แต่ทว่าสำหรับดาวเทียม COMPASS ค่าแก้ความแปรปรวนของศูนย์กลางเสาอากาศ ยังไม่ถูกนำมาพิจรณา**(Li, et al., 2014)** รายละเอียดต่างในการประมวลผลจะแสดงอยู่ในตารางที่ 1

รายละเอียด	**แบบจำลองและการแก้ไข**
มุมสูงดาวเทียม (Elevation angle)	5 องศา
ช่วงเวลาข้อมูล (Observation interval)	300 วินาที
ข้อมูลวงโคจรและค่าคลาดเคลื่อนนาฬิกาดาวเทียม	Wuhan University GNSS analysis center โดย ช่วงเวลาข้อมูลวงโคจรคือ ทุกๆ 15 นาที ส่วนค่าคลาดเคลื่อนนาฬิกาคือ ทุกๆ 5 นาที
ค่าคลาดเคลื่อนศูนย์เสาอากาศดาวเทียม (Phase Center Offset)	ตามค่าปกติจากการผลิต
ค่าแปรปวนศูนย์กลางเสาอากาศดาวเทียม (Phase Center Variation)	GPS และ GLONASS เท่านั้น
ค่าแก้เนื่องจากการหมุนของเสาอากาศดาวเทียม	ใช้หลักการเฟสโพลาไรซ์เซชั่น **(Wu, Wu, Hajj, Bertiger, & Lichten, 1993)**
แบบจำลองค่าคลาดเคลื่อนชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ (Troposphere Model)	แบบจำลอง Saastamonien ทั้ง wet และ dry ร่วมกับ Global Mapping function
ค่าคลาดเคลื่อนไอโอโนสเฟียร์ (Ionosphere model)	แบบจำลอง Ionosphere free combination
ค่าคลาดเคลื่อนเนื่องจากพื้นผิวโลกและแรงมหาสมุทร(Ocean loading, Ocean tide, Solid Earth Tide)	ใช้แบบจำลอง IERS 2003
มาตรเวลา	ระบบเวลาของดาวเทียม GPS
พื้นหลักฐาน	ITRF2008
การประมาณความถูกต้องค่าพิกัดเริ่มต้น	ให้พิกัดเริ่มต้นมีความคลาดเคลื่อนที่ 10 เมตร
การหาค่าเลขปริศนา (Ambiguity Fixing)	ทำให้เป็นเลขจำนวนเต็ม

ตารางที่ 1: รายละเอียดการประมวลผลและการกำจัดความคลาดเคลื่อน (ดัดแปลงจาก:**(Li, et al., 2014)**

2.4 ข้อมูลของสถานีฐานและข้อมูลดาวเทียม

2.4.1 ข้อมูลสถานีฐาน

สถานีฐานจะตั้งอยู่บนดาดฟ้าตึก 4 คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานครฯ โดยใช้เครื่องรับรุ่น Trimble NetR9 ซึ่งเป็นเสาอากาศระดับยีออเดติกส์สามารถรับสัญญาณดาวเทียมได้หลายทุกระบบที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยอยู่ที่ตำแหน่ง 13.7634 องศาเหนือ 100.5339 องศาตะวันออก คามสูงเหนือทรงรี 74 เมตร (บนพื้นหลักฐาน World Geodetic System 1984:WGS84)

2.4.2 ข้อมูลเกี่ยวกับดาวเทียม

a) GPS, GLONASS, COMPASS/BeiDou

ในแต่ละระบบดาวเทียมจะมีความถี่เฉพาะแต่ละ ทั้ง GPS และ BeiDou จะใช้ระบบการเข้าถึงข้อมูลที่เรียกว่า CDMA (Code Division Multiple Access)แต่ GLONASS จะใช้ระบบการเข้าถึงข้อมูลที่เรียกว่า FDMA (Frequency Division Multiple Access) ซึ่งทุกระบบช่วงคลื่นที่ใช้จะเป็นช่วงคลื่นในช่วง L-band ทั้งหมด ซึ่งจะมีตวามถี่ตามตารางที่2

ระบบ ดาวเทียม	ความถี่คลื่นพา (MHz)
GPS	
L1	1575.42
L2	1227.6
GLONASS	
G1	1602.000+0.5625k (k คือ หมายเลขดาวเทียม)
G2	1246.000+0.4375k
Beidou/COMPASS	
B1	1561.098
B2	1207.14
B3	1268.52

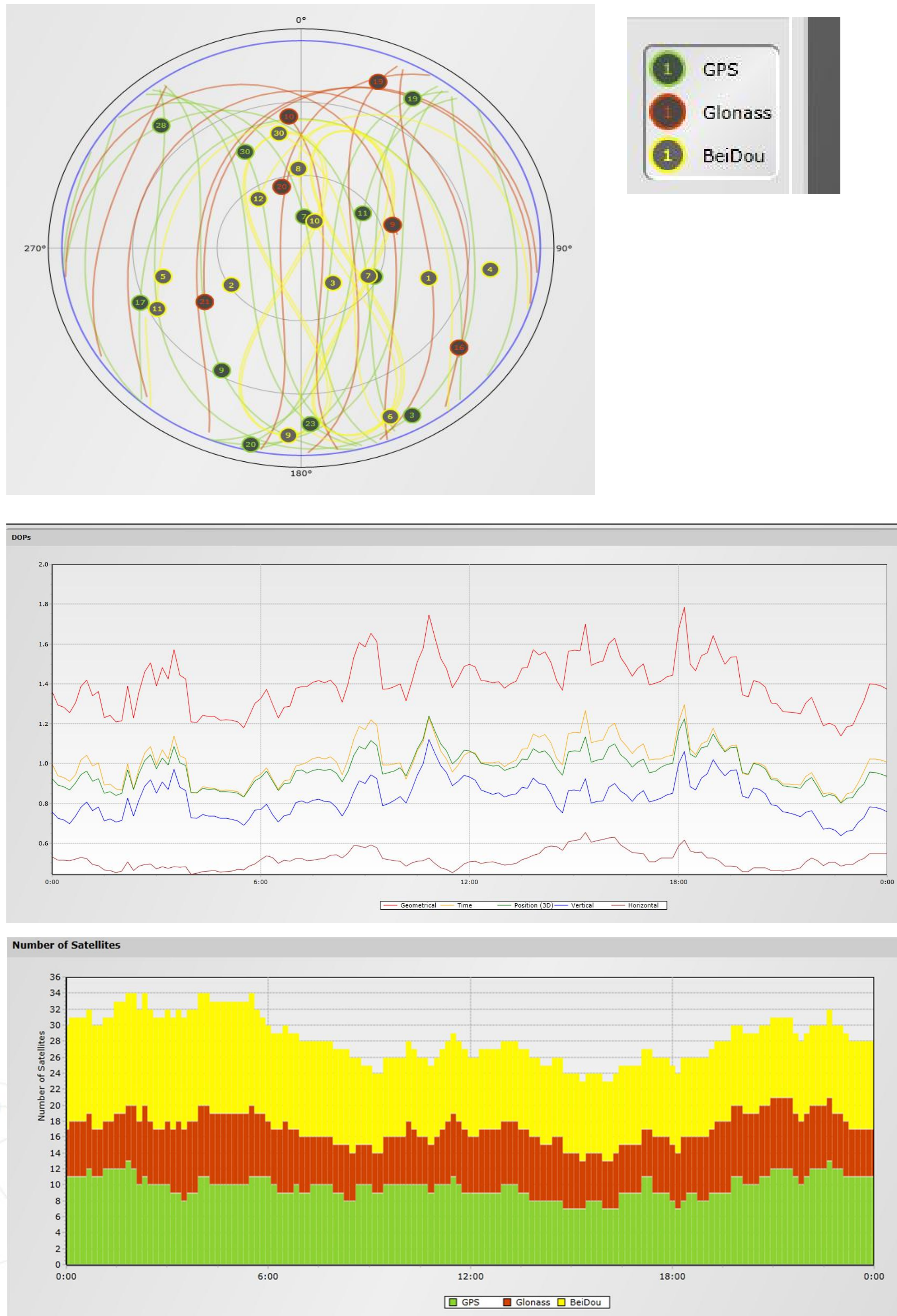
ตารางที่ 2 : แสดงความถี่ของแต่ละระบบดาวเทียม GPS GLONASS และ COMPASS/BeiDou

b) Satellite Visibility และ Sky plot

จากรูปที่ 1 จะแสดงตำแหน่งดาวเทียมบนท้องฟ้าขณะรับสัญญาณ ดาวเทียมทั้ง 3 ระบบ(Sky plot)อีกทั้งยังสามารถประเมินค่า DOP (Dilution of Precision) ในการรับสัญญาณเพื่อให้สามารถประเมินคุณภาพของข้อมูลได้เบื้องต้น และสามารถบอกจำนวนดาวเทียมขณะรับสัญญาณอีกด้วย ซึ่งจะเห็นจากกราฟว่าขณะจำนวนดาวเทียมมีมากถึง 30 ดวง โดยเฉลี่ยเมื่อรับสัญญาณทั้ง 3 ระบบ ซึ่งจะช่วยให้การประมวลผลข้อมูลสัญญาณดาวเทียมนั้นมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

2.5 การเปรียบเทียบ

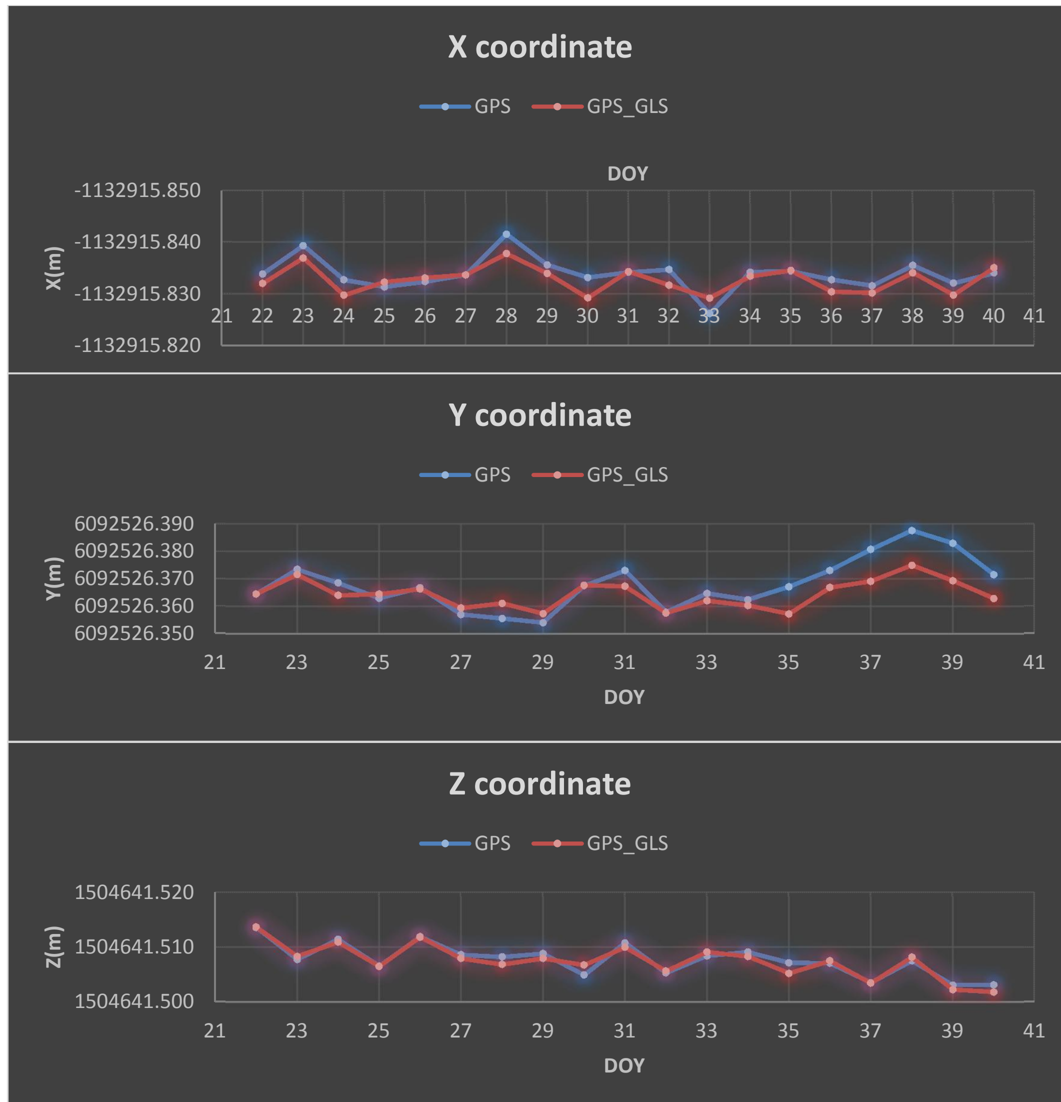
ในการศึกษาจะทำการประมวลผลข้อมูลรังวัดดาวเทียมตั้งแต่วันที่ 22 มกราคม 2015 ถึงวันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2015 เป็นเวลา 19 วัน ข้อูลทั้งหมดนั้นจะรับสัญญาณทุกๆ 1 วินาที และรับต่อเนื่องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ข้อมูลวงโคจรและค่านาฬิกาดาวเทียมจะใช้ข้อมูลจาก มหาวิทยาลัย วู่ฮั่น โดยการประมวลผลจะทำการประมวลผลแบบจุดเดี่ยวความละเอียดสูง ด้วยโปรแกรมเชิงวิจัยที่ชื่อว่า PANDA ที่พัฒนาโดย มหาวิทยาลัย วู่ฮั่น และจะทำการประมวลเพื่อหาตำแหน่งจุดเดี่ยวความละเอียดสูงด้วยกัน 3 ชุด โดยชุดแรก จะใช้ข้อมูลดาวเทียม GPS อย่างเดียว ชุดที่สอง จะใช้ข้อมูลดาวเทียม GPS ร่วมกับ GLONASS ชุดสุดท้าย จะใช้ข้อมูลดาวเทียม GPSGLONASS และ BeiDou โดยทั้ง 3 รูปแบบ จะทำการหาค่าพิกัดทั้งทางราบและ
ทางดิ่งบนระบบพิกัด ITRF2008 ทุกๆ 24 ชั่วโมง จากนั้นจะทำการตรวจสอบค่าทางสถิติ และ ความแปรผันของค่าพิกัดของทุกๆวัน(repeatability) ของทั้ง 3 ชุดข้อมูล



รูปภาพที่ 1: แสดงถึงตำแหน่งของดาวเทียมบริเวณจำนวนดาวเทียมที่รับสัญญาณและค่า DOP (Dilution of Precision) ของข้อมูลขณะรับสัญญาณ

3. ผลการวิจัย

จากรูปที่ 2 แสดงให้เห็นถึงการแกว่งตัวของค่าพิกัด ในระบบ Cartesian Coordinate ในระบบ ITRF2008 จากการประมวลผลแบบจุดเดี่ยวความละเอียดสูง โดยใช้ข้อมูล GPS เพียงอย่างเดียว ใช้ GPS ร่วมกับ GLONASS โดยจะทำการพล็อกราฟเป็นค่าพิกัดของแต่ละแกนทั้งหมด 19 วัน แล้วทำการประเมินคุณภาพของข้อมูลสำหรับการประมวลผลข้อมูลดาวเทียม GPS GLONASS และ BeiDou ยังไม่สามารถทำการประมวลผลได้อันเนื่องมาจากโปรแกรม PANDA ในเวอร์ชั่นนี้ยังคงมีปัญหากับการประมวลผลสัญญาณดาวเทียม BeiDou อยู่ ในบทความนี้จึงไม่สามารถแสดงผลลัพธ์ที่ใช้ดาวเทียม BeiDou ได้



รูปภาพที่ 2. แสดงผลลัพธ์การแปรผันของค่าพิกัดทั้ง 19 วันบนพื้นหลักฐาน ITRF2008

สำหรับตารางที่ 3และ ตารางที่ 4จะแสดงผลต่างของค่าพิกัดของการประมวลด้วย ข้อมูล GPS อย่างเดียว และข้อมูล GPS ร่วมกับ GLONASS โดยเทียบกับ ค่าพิกัดโดยเฉลี่ยทั้งหมด 19 วันทั้ง 3 แกนของสถานีซึ่งอยู่บนพื้นหลักฐาน

ITRF2008 ตามลำดับ อีกทั้งยังแสดงค่า Root Mean Square Error (RMSE) ของค่าต่างผลลัพธ์ทั้งทางแกน X แกน Y และ Z ตามลำดับ ทั้ง 19 วันของการประมวลผล

Day of Years (DOY)	ผลต่างทางแกน X (เมตร)	ผลต่างทางแกน Y (เมตร)	ผลต่างทางแกน Z (เมตร)
22	-0.000011	-0.003485	0.005858
23	-0.005471	0.005465	0.000028
24	0.001129	0.000555	0.003668
25	0.002499	-0.005035	-0.001182
26	0.001499	-0.001195	0.004178
27	0.000169	-0.010955	0.000888
28	-0.007671	-0.012365	0.000478
29	-0.001751	-0.013935	0.001098
30	0.000699	-0.000465	-0.002802
31	-0.000311	0.005055	0.003058
32	-0.000831	-0.010045	-0.002412
33	0.007649	-0.003255	0.000678
34	-0.000351	-0.005555	0.001368
35	-0.000541	-0.000845	-0.000592
36	0.001099	0.005115	-0.000652
37	0.002269	0.012755	-0.004222
38	-0.001671	0.019645	-0.000222
39	0.001789	0.014975	-0.004642
40	-0.000201	0.003575	-0.004582
RMSE	0.003028	0.008935	0.002860

ตารางที่ 3: ผลต่างของค่าพิกัดทั้ง 3 แกนของผลลัพธ์การประมวลผลด้วย GPS อย่างเดียวทั้ง 19 วัน และค่า Root Mean Square Error (RMSE) ของผลลัพธ์ค่าพิกัด

Day of Years (DOY)	ผลต่างทางแกน X (เมตร)	ผลต่างทางแกน Y (เมตร)	ผลต่างทางแกน Z (เมตร)
22	0.001849	-0.003475	0.005928
23	-0.003071	0.003605	0.000578
24	0.004099	-0.003985	0.003198
25	0.001569	-0.003515	-0.001232
26	0.000759	-0.001635	0.004098
27	0.000169	-0.008605	0.000208
28	-0.003931	-0.006865	-0.000872
29	-0.000111	-0.010635	0.000218
30	0.004619	-0.000305	-0.000992
31	-0.000461	-0.000685	0.002248
32	0.002149	-0.010395	-0.002082
33	0.004649	-0.005955	0.001378
34	0.000449	-0.007675	0.000578
35	-0.000671	-0.010705	-0.002502
36	0.003429	-0.001085	-0.000232
37	0.003679	0.001145	-0.004282
38	-0.000241	0.006975	0.000448
39	0.004089	0.001375	-0.005472
40	-0.001201	-0.005145	-0.005922
RMSE	0.002716	0.006015	0.002968

ตารางที่ 4: ผลต่างของค่าพิกัดทั้ง 3 แกนของผลลัพธ์การประมวลผลด้วย GPS ร่วมกับ GLONASS ทั้ง 19 วัน และค่า Root Mean Square Error (RMSE) ของผลลัพธ์ค่าพิกัด

4. วิจารณ์ผลและสรุปผล

ผลจากการวิเคราะห์คุณภาพจากการประมวลผลสัญญาณดาวเทียม GNSS ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลจากระบบดาวเทียม a) GPS เพียงอย่างเดียว และ b)GPS และ GLONASS เป็นดังนี้

a) GPS เพียงอย่างเดียว

จากผลลัพธ์ที่ได้จะเห็นว่าการแกว่งตัว(repeatability) ของค่าพิกัด ทางแกน X จะมีการแกว่งตัวของค่าพิกัดในระดับ 1-3 เซนติเมตร ทางแกน Y จะแกว่งตัวในระดับ 1-4 เซนติเมตร และทางแกน Z จะแกว่งตัวในระดับ 1-2 เซนติเมตร และค่า Root Mean Square Error (RMSE) ที่ได้ทางแกน X Y และ Z จะมีค่า 0.003 0.009และ 0.003เมตรตามลำดับ

b) GPS และ GLONASS

จากผลลัพธ์ที่ได้จะเห็นว่าการแกว่งตัว (repeatability) ของค่าพิกัด ทางแกน X จะมีการแกว่งตัวของค่าพิกัดในระดับ 1 เซนติเมตร ทางแกน Y จะแกว่งตัวในระดับ 1-3 เซนติเมตร และทางแกน Z จะแกว่งตัวในระดับ 1-2 เซนติเมตร และค่า Root Mean Square Error (RMSE) ที่ได้ทางแกน X Y และ Z จะมีค่า 0.003 0.0060 และ 0.003เมตรตามลำดับ

จากข้างต้นซึ่งแสดงให้เห็นว่า การที่มีประมวลโดยใช้ข้อมูลดาวเทียมหลายระบบ นอกจากจะทำให้จำนวนดาวเทียมเพิ่มขึ้นแล้ว ยังช่วยทำให้ค่าพิกัดที่ได้จากการประมวลผลจุดเดี่ยวความละเอียดสูงมีความน่าเชื่อถือเพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้ดาวเทียมแค่ระบบเดียวในการประมวลผลแบบจุดเดี่ยวความละเอียดสูงซึ่งเป็นงานที่ต้องการความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์เป็นอย่างมาก

5. ข้อเสนอแนะ

ในการประมวลผลสัญญาณดาวเทียมนี้เป็นการประมวลผลแบบสถิตย์เพียงอย่างเดียว ควรศึกษาการประมวลผลในรูปแบบจลน์ และ ควรมีการเปรียบเทียบข้อมูลวงโคจรจากแต่ศูนย์ที่วิเคราะห์วงโคจร ซึ่งในบทความนี้ใช้ข้อมูลวงโคจรจากมหาวิทยาลัยวู่ฮั่นเพียงอย่างเดียว

เอกสารอ้างอิง

Kouba, J., & Pierre, H. (2000, September). GPS Precise Point Positioning using IGS Orbit Products.

Li, M., Lizhong, Q., Qile, Z., Jing, G., Xing, S., & Xiaotao, L. (2014). Precise Point Positioning with the BeiDou Navigation. *sensors*, 17.

Sanz Subirana J., Juan Zornoza J.M., และ Hernández-Pajares M. (2014). *GNSS DATA PROCESSING*.ESA.

Wu, J. T., Wu, S. C., Hajj, G. A., Bertiger, W. I., & Lichten, S. M. (1993). Effects of antenna orientation on GPS carrier phase. *Manuscripta Geodaetica*, 91-98.

การหาอัตราการเคลื่อนตัวและความลึกล็อคของรอยเลื่อนสะกายในพม่าโดยใช้ข้อมูลจีพีเอส

Determination of movement rate and locking depth of the Sagaing fault in Myanmar using GPS observations

ทัตวรรณ หลั่งทิม และ เฉลิมชนม์ สถิระพจน์

Tattawan Langtim and Chalermchon Satirapod

ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Email: tattawan_pt@hotmail.com, chalermchon.s@chula.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบรอยเลื่อนสะกาย และการหาตัวแปรอัตราการเคลื่อนตัว (movement rate) ความลึกล็อค (locking depth) รวมถึงการศึกษาพฤติกรรมของเปลือกโลกรอยเลื่อนสะกายที่เป็นรอยเลื่อนสำคัญในพม่า ซึ่งพม่าได้มีการติดตั้งเครื่องจีพีเอสตามขวางของรอยเลื่อนไว้ 8 สถานีอ้างอิง โดยติดตั้งทางตอนใต้และทางตอนเหนือของรอยเลื่อน ได้แก่ สถานี GYBU IGLE WAAW และสถานี SATG ที่ติดตั้งไว้ทางตอนใต้ได้รับการปฏิบัติการอย่างต่อเนื่องนานกว่าสามปี ส่วนสถานีที่ติดตั้งไว้ทางตอนเหนือ ได้แก่ สถานี HAKA KANI SWBO และสถานี SDWN ที่ได้รับการปฏิบัติการอย่างต่อเนื่องมานานกว่าสองปี การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลจีพีเอสตั้งแต่ปี 2011 – 2014 เป็นเวลาสามปีอย่างต่อเนื่อง โดยประมวลผลด้วยโปรแกรม Bernese ในการวิเคราะห์หาตำแหน่งที่มีความถูกต้องสูงของสถานีทั้ง 8 สถานีเพื่อนำมาใช้ในการหาตัวแปรร่วมกับ Arctangent profile ซึ่งผลการศึกษาพบว่ารอยเลื่อนสะกายเป็นรอยเลื่อนที่มีการเคลื่อนตัวตามแนวราบแบบเลียบขวา สำหรับตัวแปรอัตราการเคลื่อนตัวและความลึกล็อคนั้นสามารถใช้สันนิษฐานเกี่ยวกับแรงสั่นสะเทือนที่จะเกิดจากแผ่นดินไหวได้

คำสำคัญ : รอยเลื่อนสะกาย ความลึกล็อค ข้อมูลจีพีเอส Arctangent profile

ABSTRACT

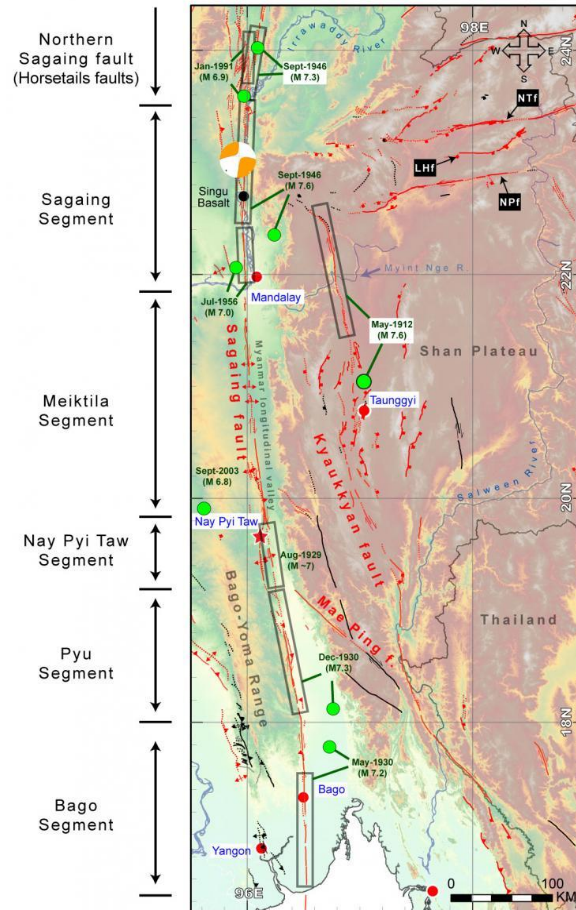
This article aims to examine Sagaing fault, which is a major active fault in Myanmar, determine its movement rate and locking depth, and study its behavior. Myanmar has set up 8 GPS stations in northern and southern of the Sagaing fault. The GYBU IGLE WAAW and SATG stations, which are in the south, have been operating for over three years, while the HAKA KANI SWBO and SDWN stations, which are in the north, have been operating for over two years. Using GPS continuous observation from 2011 to 2014, this study processed data with the Bernese software to analyze the accurate positions of all 8 stations in an attempt to find out the behavior of the fault movement and used the data for movement rate calculation using Arctangent profile. Results showed that the Sagaing fault is strike-slip fault with right lateral movement. Determination of movement rate and locking depth can be applied in the prediction of future Earthquake magnitude.

KEY WORDS: Sagaing Fault, Locking depth, GPS, Arctangent profile

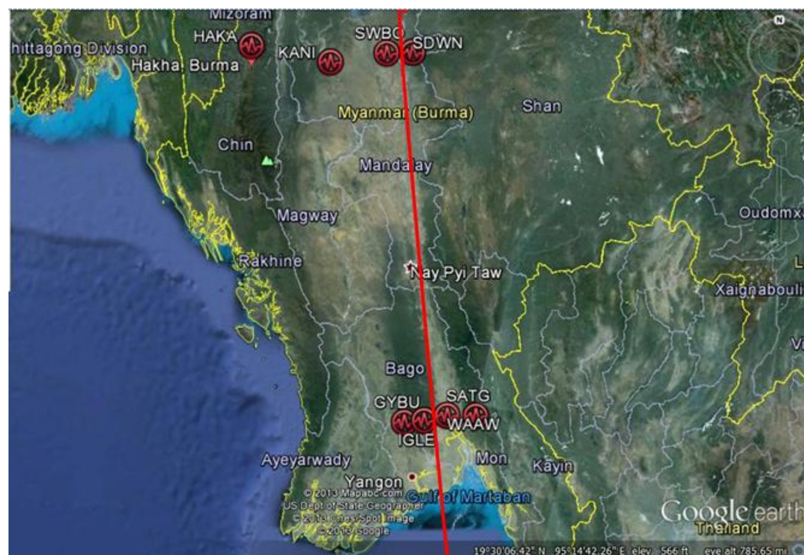
1. บทนำ

รอยเลื่อนสะกาย (Sagaing fault) หรือรอยเลื่อนสะแกง เป็นรอยเลื่อนตามแนวระดับ (Strike Slip) ขนาดใหญ่ที่มีการวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ผ่ากลางประเทศพม่าจากทางตอนเหนือของเมืองมิตจีนา (Myitkyina) และพาดผ่านเมืองสำคัญ เช่น เมืองมัณฑะเลย์ (Mandalay) ตองยี (Tounggyi) เนปิดอว์ (Naypyidaw) พะโค (Bago) ย่างกุ้ง (Yangon) และต่อยาวลงไปในทะเลอันดามัน ดังรูปที่ 1 ซึ่งจัดเป็นรอยเลื่อนที่มีพลังและสำคัญที่สุดในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Le Dain et al, 1984) ที่มีความยาวประมาณ 1,200 กิโลเมตร ซึ่งทางธรณีเชื่อว่ารอยเลื่อนสะกายเป็นรอยต่อระหว่างแผ่นเปลือกโลก ซุนดาและแผ่นเปลือกโลกพม่า แต่ปัจจุบันถือเป็นส่วนหนึ่งของแผ่นเปลือกโลกยูเรเซีย (Eurasian Plate) สำหรับการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนสะกายนั้นมีการเคลื่อนตัวอยู่ตลอดเวลาในรูปแบบการเลื่อน เหลื่อมข้างแบบขวา (Dextral Strike-slip Fault) ด้วยอัตราการเคลื่อนตัวประมาณ 18 มิลลิเมตร/ปี และอัตราการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลกอินเดียที่ชนกับแผ่นเปลือกโลกยูเรเซีย มีอัตราเร็วประมาณ 35 มิลลิเมตร/ปี โดยรอยเลื่อนสะกายนั้นมีพฤติกรรมที่มักจะสะสมพลังงานเป็นเวลานานและสร้างเป็นแผ่นดินไหวใหญ่มากกว่าที่จะค่อยๆปลดปล่อยพลังงานออกมาเป็นแผ่นดินไหวขนาดเล็กหลายๆครั้ง เป็นผลทำให้ประเทศเพื่อนบ้านอย่างประเทศไทยมีโอกาสสูงที่จะได้รับผลกระทบด้านแรงสั่นสะเทือนหากเกิดแผ่นดินไหวขนาด 7.0 – 8.0 ริกเตอร์ จากแรงสั่นสะเทือนในระดับนี้จะทำให้บริเวณทางตอนเหนือและทางฝั่งตะวันตกของไทย ตั้งแต่แม่ฮ่องสอน ตาก สุพรรณบุรีและกาญจนบุรี (สันติ และ สัณฑวัฒน์ ,) มีโอกาสได้รับผลกระทบด้านแรงสั่นสะเทือนและรอยเลื่อนนี้เคยเกิดแผ่นดินไหวมาแล้ว 12 ครั้ง ขนาด 8.0 ริกเตอร์ ซึ่งได้รับแรงสั่นสะเทือนถึงกรุงเทพ ฯ (Pailoplee ,2012) จึงเป็นเรื่องที่น่าห่วง เพราะประเทศไทยมีโบราณสถานและวัดที่สำคัญหลายแห่ง เช่น วัดพระแก้ว วัดโพธาราม วัดแจ้ง เป็นต้น และหากได้รับความเสียหายจะส่งผลกระทบมากทั้งทางด้านจิตใจและด้านการท่องเที่ยว เนื่องจากสภาพทางธรณีวิทยาของพื้นที่ใต้กรุงเทพฯ ซึ่งเป็นชั้นดินเหนียวที่ค่อนข้างหนา ดังนั้นจึงมีโอกาสที่แรงสั่นสะเทือนที่ได้รับนั้นอาจจะมีการขยายสัญญาณอันเนื่องมาจากชั้นดินอ่อน (Soil amplification) จากการศึกษาพฤติกรรมการตอบสนองแรงสั่นสะเทือนของพื้นดินบริเวณกรุงเทพฯ (อำนาจ และ สุทธิศักดิ์ ,2552) ประเมินว่าชั้นดินอ่อนที่สะสมตัวอยู่ใต้กรุงเทพฯ นั้นมีโอกาสขยายแรงสั่นสะเทือนได้สูงสุดถึง 3 เท่า จากระดับปกติ ซึ่งมีโอกาสสูงที่จะสอดคล้องและสั่นพ้อง (Resonance) กับอาคารสูง ด้วยเหตุนี้นอกจากการติดตามและเฝ้าระวังกลุ่มรอยเลื่อนต่างๆ ที่อยู่บริเวณใกล้เคียงอย่างรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์และรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ จึงควรเฝ้าระวังรอยเลื่อนสะกายที่มีโอกาสเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ และส่งผลกระทบด้านแรงสั่นสะเทือนของคลื่นคาบยาวที่กระทบต่ออาคารสูงด้วยเช่นกัน

จากสาเหตุดังกล่าวทำให้เกิดแนวคิดในการศึกษาหาอัตราการเคลื่อนตัว (movement rate) และความลึก (locking depht) โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการรังวัดด้วยเทคโนโลยีจีพีเอส ที่มีการยอมรับทั่วโลกสำหรับการตรวจสอบการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก ซึ่งระบบการวัดจีพีเอสสามารถให้ความถูกต้องทางตำแหน่งอยู่ในระดับมิลลิเมตร (McClusky et al. 2000; Vigny et al. 2002; McClusky et al. 2003; Reilinger et al. 2006) ถือว่าเป็นเครื่องมือที่ดีที่สุดสำหรับการตรวจสอบรอยเลื่อนสะกายตั้งแต่ปี 2011 เป็นต้นมา (ปีย์ โสน อ่อง , 2557) ซึ่งพม่าได้มีการติดตั้งเครื่องจีพีเอสไว้ 8 สถานีท้องถิ่น (CGPS) โดยตั้งอยู่ทางตอนใต้และทางตอนเหนือของพม่า ได้แก่ สถานี GYBU IGLE WAAW และสถานี SATG ที่ติดตั้งไว้ทางตอนใต้ ส่วนสถานีที่ติดตั้งไว้ทางตอนเหนือ ได้แก่ สถานี HAKA KANI SWBO และสถานSDWN ดังรูปที่ 2 และตารางที่ 1 ที่แสดงค่าพิกัดภูมิศาสตร์ของทั้ง 8 สถานี ที่ใช้เครื่องรับชนิด Geodetic Trimble GNSS ที่มีอัตราการบันทึกข้อมูลทุก 15 วินาที มีการรับสัญญาณตลอด 24 ชั่วโมง และมีอัตราการส่งตำแหน่ง 0.1 seconds โดยใช้โปรแกรม Bernese 5.0 ในการวิเคราะห์ผลและแสดงข้อมูลตำแหน่งของทั้ง 8 สถานี



รูปที่ 1 แผนที่แสดงการวางตัวของรอยเลื่อนสะกายที่พาดผ่านเมืองสำคัญ (Wang, Y., et al, 2011)



รูปที่ 2 แผนที่แสดงตำแหน่งของสถานี CGPS ทั้ง 8 สถานี

ตารางที่ 1 ตารางแสดงค่าพิกัดภูมิศาสตร์ของสถานีทั้ง 8 สถานี

Station	Instrument	Latitude	Longitude
GYBU	Trimble NetR9	17°22'11.66"N	96° 1'33.83"E
IGLE	Trimble NetR8	17°23'49.06"N	96°19'19.94"E
WAAW	Trimble NetR8	17°28'9.84"N	96°40'1.84"E
SATG	Trimble NetR8	17°27'44.74"N	97° 5'48.99"E
HAKA	Trimble NetR9	22°38'4.15"N	93°36'16.15"E
KANI	Trimble NetR9	22°26'2.56"N	94°50'47.38"E
SWBO	Trimble NetR9	22°34'20.59"N	95°43'5.00"E
SDWN	Trimble NetR9	22°35'11.44"N	96° 7'7.97"E

2. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

การดำเนินการงานวิจัยนี้อาศัยข้อมูลจากการรังวัดด้วยดาวเทียมจีพีเอส ที่ติดตั้งอยู่บริเวณรอยเลื่อนสะกายทั้ง 8 สถานี โดยข้อมูลทั้งหมดที่ถูกนำมาใช้จากการเริ่มต้นของทุกสถานีไม่เกินเดือนมีนาคม 2014 (ตั้งแต่ปี 2011 – 2014) ซึ่งสถานี CGPS ทางตอนใต้ได้รับการดำเนินการตั้งแต่เดือนมีนาคม 2011 และสถานี CGPS ทางตอนเหนือได้รับการดำเนินการตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2012 ดังตารางที่ 2 ที่แสดงให้เห็นถึงจำนวนข้อมูลที่นำมาประมวลผลมี 539 วัน สำหรับ GYBU , 1128 วัน สำหรับ IGLE , 1110 วัน สำหรับ WAAW , 587 วัน สำหรับ SATG , 692 วัน สำหรับ HAKA , 490 วัน สำหรับ KANI , 364 วัน สำหรับ SWBO และ 758 วัน สำหรับ SDWN โดยสถานี CGPS ทั้งหมดถูกติดตั้งด้วยเครื่องรับ Trimble NetR8 และ NetR9 ที่เป็นเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมระบบ GNSS ที่มีช่องสัญญาณมากถึง 440 ช่องสัญญาณ สามารถรองรับสัญญาณดาวเทียมทั้งระบบ GPS และ GLONASS ได้

ตารางที่ 2 ชุดข้อมูลจีพีเอสของทั้ง 8 สถานี ที่ใช้ในการประมวลผล

Station	2011	2012	2013	2014
GYBU				
IGLE				
WAAW				
SATG				
HAKA				
KANI				
SWBO				
SDWN				

3. การประมวลผลข้อมูลจีพีเอส

โปรแกรม Bernese 5.0 เป็นโปรแกรมทางวิทยาศาสตร์ที่คำนวณค่าพิกัดแบบสัมพัทธ์หรือแบบเส้นฐาน ที่ให้ความถูกต้องสูงในระดับมิลลิเมตร และยังเป็นโปรแกรมเชิงวิจัยที่เป็นที่ยอมรับกันว่าให้ความถูกต้องสูง ซึ่งโปรแกรมนี้มีการคำนวณค่าพารามิเตอร์สำหรับใช้ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนต่างๆที่ละเอียดกว่าซอฟแวร์พานิชทั่วไป เช่น มีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจาก Phase Antenna Center ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศ รวมถึงมีการนำวงโคจรความถูกต้องสูงชนิด IGS Rapid Orbit มาใช้ในการประมวลผลข้อมูล ทำให้สามารถลดค่าคลาดเคลื่อนเนื่องจากวงโคจรดาวเทียมได้ด้วย จึงได้นำมาใช้ในการประมวลผลหาค่าพิกัดของทั้ง 8 สถานี ข้อมูลจีพีเอส ต้องอยู่ในรูปแบบของข้อมูล

Rinex แบบรายวัน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ข้อมูลที่ได้มาเป็นข้อมูลดิบจึงต้องทำการแปลงข้อมูลด้วยโปรแกรม Rinex และข้อมูลที่จำเป็นในการประมวลผล ได้แก่ข้อมูลวงโคจรดาวเทียม ข้อมูลค่าแก้ค่าคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากแรงเหวี่ยงจากการหมุนของโลก ข้อมูลค่าแก้ค่าคลาดเคลื่อนอันเนื่องจาก Differential Code Bias ของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ข้อมูลค่าแก้ค่าคลาดเคลื่อนอันเนื่องจากนาฬิกาดาวเทียม ข้อมูลค่าแก้ค่าคลาดเคลื่อนอันเนื่องจากชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์และข้อมูลอื่นๆ ที่จำเป็นในการประมวลผล ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้จาก ftp://ftp.unibe.ch/aiub/BSWUSER50/ORB/ และ ftp://ftp.unibe.ch/aiub/CODE/ (ธีทัต , 2555)รายละเอียดขั้นตอนการประมวลผลสามารถอ่านได้จาก Dach et al. (2007)

4. การหาอัตราการเคลื่อนตัวและความลึกล็อค

การหาอัตราการเคลื่อนตัวของทั้ง 8 สถานี โดยวิธี Linear Regression (การวิเคราะห์การถดถอย) ซึ่งเป็นวิธีทางสถิติ ที่ใช้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะหรือปัจจัยที่แทนด้วยตัวแปรตั้งแต่สองตัวแปรขึ้นไป เพื่อทำให้ทราบถึงความ สัมพันธ์ ทิศทางความสัมพันธ์ และลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหรือเป็นการวิเคราะห์โดยอาศัยค่าที่ทราบจากตัวแปรหนึ่งแล้วนำไปพยากรณ์ค่าของอีกตัวแปรหนึ่ง ว่ามีความแปรผันในสัดส่วนเท่าใดหรือในระดับใด สำหรับการนำค่าอัตราการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนรวมกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถนำมาใช้ในการประมาณความลึกที่มีผลต่อบริเวณรอยเลื่อนที่มีการสะสมความเครียด เรียกกันทั่วไปว่า เป็นความลึกล็อคของรอยเลื่อน โดยใช้วิธีการ fit Arctangent Profile (Vigny, C., et al ,2003; Bridget R., et al ,2011) ด้วยโปรแกรม iat ที่เป็นโปรแกรมบน Linux โดยการเขียนคำสั่งในการประมวลผล ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการฟิตความเร็วเข้ากับความลึกดังสมการที่ 1 (Bridget R., et al ,2011)

เมื่อ

V คือ ความเร็วระยะไกล (far-field) (มิลลิเมตร/ปี)

x คือ ระยะของสถานีถึงรอยเลื่อนในแนวนอนแนวตั้งฉากกับทิศเหนือ (กิโลเมตร)

D คือ ความลึกล็อคของรอยเลื่อนบริเวณที่มีการสะสมความเครียด (กิโลเมตร)

v(x) คือ อัตราการเคลื่อนตัว (มิลลิเมตร/ปี)

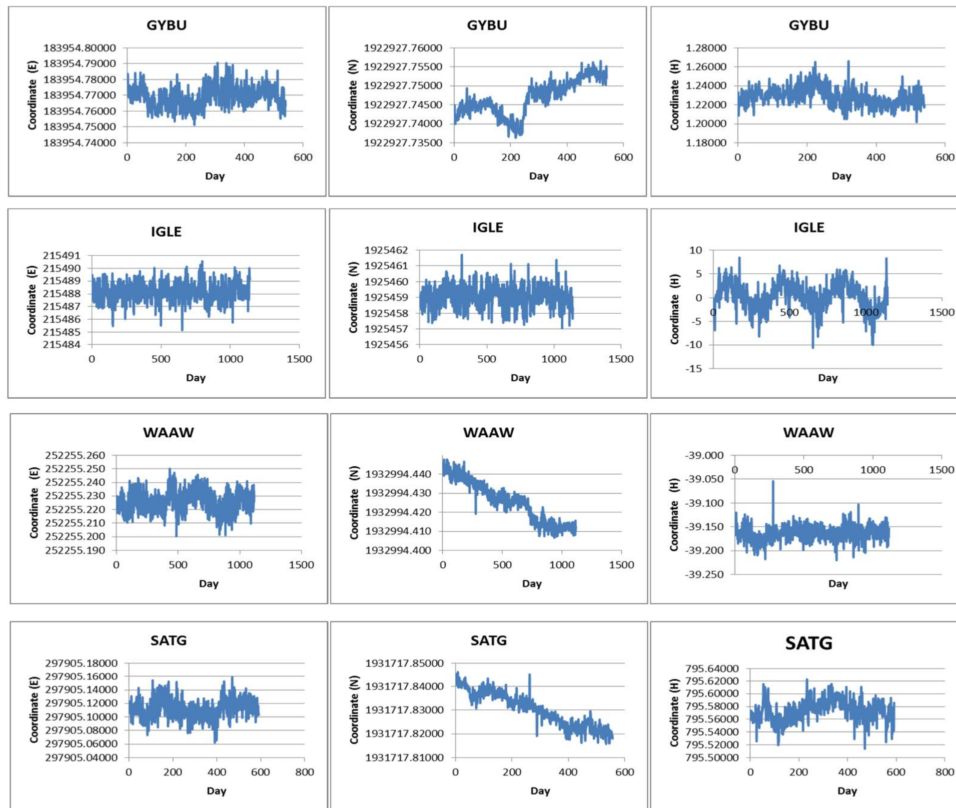
$$v(x) = V/\pi * \tan^{-1}(x/D) \qquad (1)$$

5. ผลการวิจัย

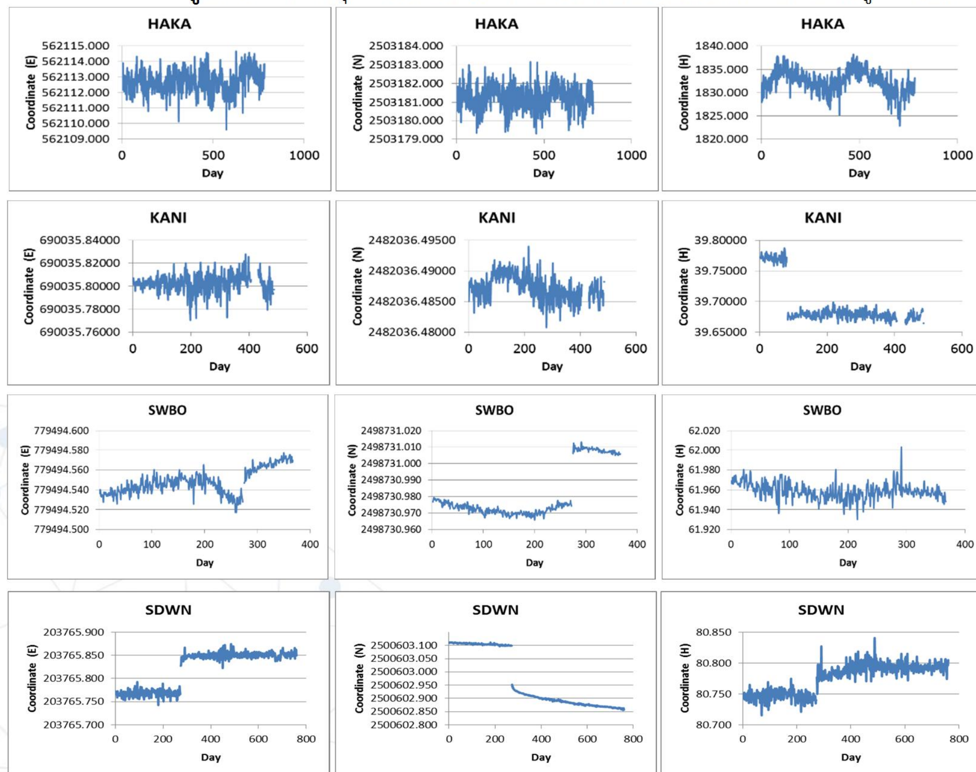
จากการดำเนินงานหาอัตราการเคลื่อนตัวและความลึกล็อคของรอยเลื่อนสะกาย โดยใช้ข้อมูลจีพีเอสร่วมกับการประมวลผลด้วยโปรแกรม Bernese 5.0 เพื่อหาค่าพิกัดที่มีความถูกต้องสูงของสถานีทั้ง 8 สถานี และได้นำค่าพิกัดที่ได้มาทำการหาค่าอัตราการเคลื่อนตัว รวมถึงคำนวณหาความลึก โดยวิธีการ fit Arctangent Profile ด้วยโปรแกรม iat

5.1 ผลของอัตราการเคลื่อนตัว

จากการประมวลผลตำแหน่ง CGPS ด้วยโปรแกรม Bernese 5.0 ของพม่าทั้ง 8 สถานี แสดงผลได้ด้วยกราฟระหว่างค่าพิกัด E, N ,H (เมตร) กับระยะเวลา (วัน) ดังรูปที่ 3 และรูปที่ 4 สถานีที่ติดตั้งอยู่ทางตอนใต้ของรอยเลื่อนมีอัตราการเคลื่อนตัวที่สัมพัทธ์ไปทางทิศตะวันออกและทิศเหนือ ตามลำดับ ดังนี้ สถานี GYBU 2.4 ± 0.7 มิลลิเมตร / ปี , 8.2 ± 0.3 มิลลิเมตร / ปี สถานี IGLE 42.3 ± 23.7 มิลลิเมตร / ปี , 9.7 ± 20.5 มิลลิเมตร / ปี สถานี WAAW 0.3 ± 0.3 มิลลิเมตร / ปี , -11.7 ± 0.1 มิลลิเมตร / ปี และสถานี SATG 3.8 ± 0.001 มิลลิเมตร / ปี , -18.6 ± 0.3 มิลลิเมตร / ปี จะเห็นว่าสถานี WAAW กับ สถานี SATG มีการเคลื่อนตัวลงใต้มากกว่าสถานีที่เหลือ ส่วนสถานี IGLE มีการเคลื่อนตัวไปทางตะวันออกมากที่สุด สำหรับสถานีที่ติดตั้งทางตอนเหนือของรอยเลื่อนมีอัตราการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ไปทางทิศตะวันออกและทิศเหนือ ตามลำดับ ดังนี้ สถานี HAKA 167.2 ± 47.4 มิลลิเมตร / ปี , 27.5 ± 36.4 มิลลิเมตร / ปี สถานี KANI 1.5 ± 0.4 มิลลิเมตร / ปี , 3.8 ± 0.2 มิลลิเมตร / ปี สถานี SWBO 28.8 ± 1.8 มิลลิเมตร / ปี , 37.3 ± 2.0 มิลลิเมตร/ ปี และสถานี SDWN 55.8 ± 1.3 มิลลิเมตร / ปี , -156.9 ± 2.8 มิลลิเมตร / ปี สถานีที่มีการเคลื่อนตัวลงใต้มากที่สุดคือ สถานี SDWN และสถานีที่ทีการเคลื่อนตัวไปทางทิศเหนือมากที่สุดคือ สถานี SWBO เป็นผลเนื่องมาจากการเกิดแผ่นดินไหวในเดือนพฤศจิกายน 2012 ที่เกิดขึ้นใกล้บริเวณทางตอนเหนือ มีขนาด 6.6 Mw บริเวณ 23.005°N 95.885°E

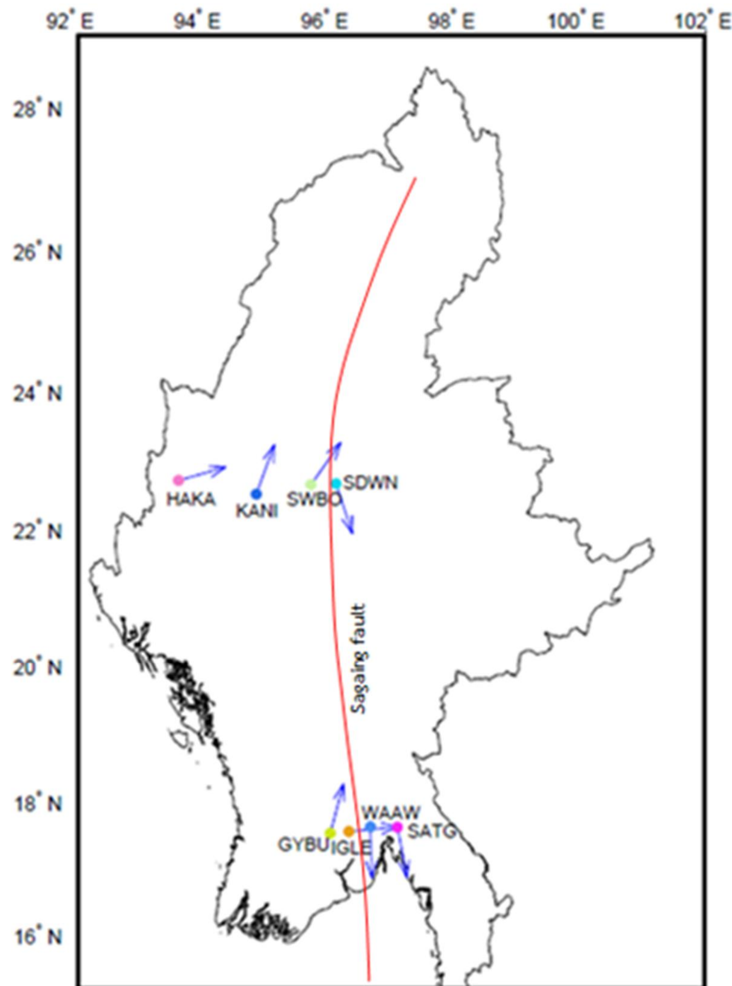


รูปที่ 3 กราฟอนุกรมเวลาของสถานี GYBU IGLE WAAW และ SATG ที่อยู่ทางตอนใต้

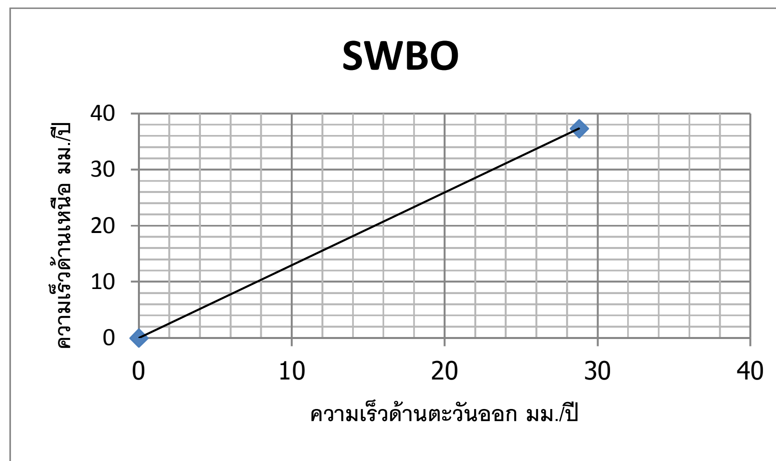


รูปที่ 4 กราฟอนุกรมเวลาของสถานี HAKA KANI SWBO และSDWN ที่อยู่ทางตอนเหนือ

สำหรับทิศทางการเคลื่อนที่สามารถแสดงด้วยลูกศรดังรูปที่ 5 และตัวอย่างการคำนวณค่าความเร็วของสถานี SWBO ได้เท่ากับ 47.1 มิลลิเมตร/ปี ไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ โดยการใช้ข้อมูลอัตราการเคลื่อนตัวทางตอนเหนือและทางด้านตะวันออก (N, E) ของสถานี SWBO มาพล็อตเวกเตอร์ ดังรูปที่ 6 ซึ่งผลลัพธ์ทั้งหมดแสดงไว้ดังตารางที่ 3 จากรูปที่ 5 จะเห็นว่าการเคลื่อนตัวของสถานีด้านทิศตะวันออกของรอยเลื่อนกำลังย้ายไปทางทิศใต้และสถานีด้านทิศตะวันตกของรอยเลื่อนกำลังย้ายไปทางทิศเหนือ ซึ่งสอดคล้องกับการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนสะกายที่มีการเคลื่อนตัวแนวราบแบบเหลื่อมขวา



รูปที่ 5 แผนที่แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของทั้ง 8 สถานี



รูปที่ 6 ตัวอย่างการพล็อตเวกเตอร์ความเร็วของสถานี SWBO

ตารางที่ 3 ค่าความเร็วของทั้ง 8 สถานีจากอัตราการเคลื่อนตัว

สถานี	ความเร็ว
GYBU	8.5 มิลลิเมตร/ปี (ไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ)
IGLE	43.4 มิลลิเมตร/ปี (ไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ)
WAAW	11.7 มิลลิเมตร/ปี (ไปทางตะวันออกเฉียงใต้)
SATG	18.9 มิลลิเมตร/ปี (ไปทางตะวันออกเฉียงใต้)
HAKA	169.4 มิลลิเมตร/ปี (ไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ)
KANI	4.3 มิลลิเมตร/ปี (ไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ)
SWBO	47.1 มิลลิเมตร/ปี (ไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ)
SDWN	166.5 มิลลิเมตร/ปี (ไปทางตะวันออกเฉียงใต้)

5.2 ผลของความลึกล็อค

สำหรับผลของค่าความลึกล็อคและความเร็วไกลของรอยเลื่อนสะกายนั้น ได้จากการประมวลผลด้วยโปรแกรม iat ที่เป็นการ fit arctangent profile โดยมีการเตรียมข้อมูลและพารามิเตอร์ดังตารางที่ 4 5 6 และ 7 ตามลำดับ โดยค่า Veast Vnorth นั้นได้มาจากอัตราการเคลื่อนตัวที่เคลื่อนที่ไปในทิศตะวันออกและทิศเหนือของแต่ละสถานีรอบรอยเลื่อน และ sigVe sigVn คือค่า Standard Error ของอัตราการเคลื่อนตัวที่เคลื่อนที่ไปในทิศตะวันออกและทิศเหนือแต่ละสถานี ส่วนค่า correl.หรือ correlation คือค่า ความสัมพันธ์กันระหว่างอัตราการเคลื่อนตัวของแต่ละสถานีที่สัมพันธ์กัน ซึ่งขั้นตอนนี้มีการแบ่งการประมวลผลออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงสถานีที่อยู่ทางตอนเหนือและสถานีที่อยู่ทางตอนใต้ของรอยเลื่อน

ตารางที่ 4 ตารางชุดข้อมูลของสถานีที่ตั้งอยู่ทางตอนใต้ของรอยเลื่อน

Long	lat	Veast	Vnorth	sigVe	sigVn	correl	Site-Name
96.026	17.369	2.4	8.2	0.7	0.3	0	GYBU
96.322	17.396	42.3	9.7	23.7	20.5	0	IGLE
96.667	17.469	0.3	-11.6	0.3	0.1	0	WAAW
97.096	17.462	3.7	-18.6	0.001	0.3	0	SATG

ตารางที่ 5 ตารางชุดข้อมูลของสถานีที่ตั้งอยู่ทางตอนเหนือของรอยเลื่อน

Long	lat	Veast	Vnorth	sigVe	sigVn	correl	Site-Name
93.604	22.634	167.2	27.5	47.4	36.4	0	HAKA
94.846	22.434	1.5	3.8	0.4	0.2	0	KANI
95.718	22.572	28.7	37.3	1.8	2.0	0	SWBO
96.118	22.586	55.8	-156.95	1.3	2.8	0	SDWN

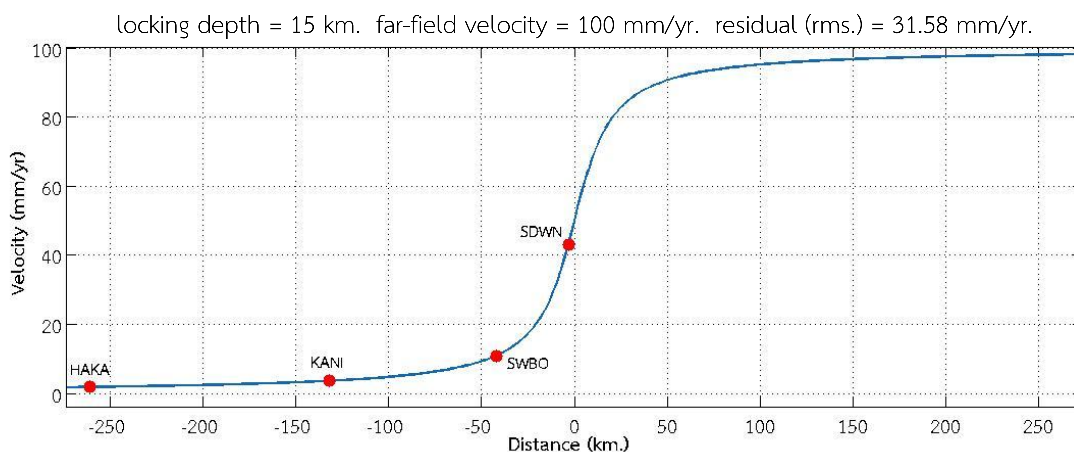
ตารางที่ 6 ตารางพารามิเตอร์ของชุดข้อมูลของสถานีที่ตั้งอยู่ทางตอนใต้ของรอยเลื่อน

96.58	Longitude of fault start point
16.809	Latitude of fault start point
1200	Length of fault (km.)
0	Strike (in degrees from North)

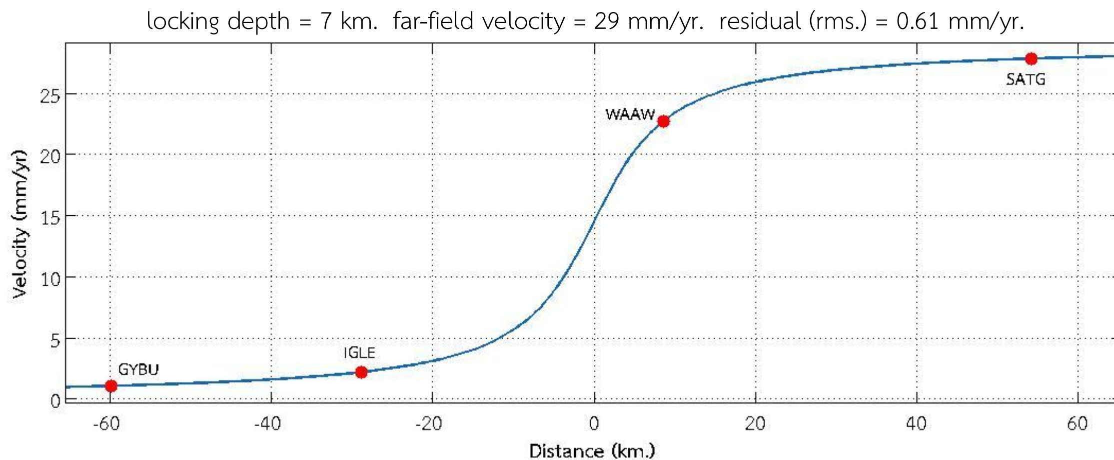
ตารางที่ 7 ตารางพารามิเตอร์ของชุดข้อมูลของสถานีที่ตั้งอยู่ทางตอนเหนือของรอยเลื่อน

96.120	Longitude of fault start point
21.322	Latitude of fault start point
1200	Length of fault (km.)
0	Strike (in degrees from North)

ผลที่ได้คือความลึกล็อคของสถานีที่อยู่ทางตอนเหนือนั้นมีค่าเท่ากับ 15 กิโลเมตร และมีความเร็วไกลเท่ากับ 100 มิลลิเมตรต่อปี สำหรับความลึกล็อคของสถานีที่อยู่ทางตอนใต้นั้นมีค่าเท่ากับ 7 กิโลเมตร และมีความเร็วไกลเท่ากับ 29 มิลลิเมตรต่อปี แสดงผลดังรูปที่ 7 และ รูปที่ 8 ตามลำดับ



รูปที่ 7 การพล็อตความเร็วกับระยะทางโดยการฟิตเข้ากับ Arctangent ของสถานีทางตอนเหนือ



รูปที่ 8 การพล็อตความเร็วกับระยะทางโดยการฟิตเข้ากับ Arctangent ของสถานีทางตอนใต้

6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้มีจุดประสงค์หลักคือ การประมวลผลหาอัตราการเคลื่อนตัวและค่าความลึกล็อคของรอยเลื่อนสะกาย โดยใช้ข้อมูลจีพีเอสตั้งแต่ปี 2011 – 2014 ที่มีการประมวลผลหาตำแหน่งท้องถิ่น CGPS ของพม่าทั้ง 8 สถานีที่มีความถูกต้องสูงด้วยโปรแกรม Bernese 5.0 และนำค่าพิกัดที่ได้มาคำนวณหาอัตราการเคลื่อนตัวด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงถดถอย ซึ่งผลที่ได้จะเห็นว่าทางตอนใต้ของรอยเลื่อนนั้นมีอัตราการเคลื่อนตัวสูงสุดที่ 4 เซนติเมตร ไปทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และทางตอนเหนือของรอยเลื่อนมีอัตราการเคลื่อนตัวสูงสุดอยู่ที่ 17 เซนติเมตร ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือเช่นกัน เนื่องจากทางตอนเหนือได้รับผลกระทบจากการเกิดแผ่นดินไหวในปี 2012 ที่มีขนาด 6.6 Mw มากกว่าทางตอนใต้ และสำหรับการหาค่าความลึกล็อค โดยการใช้วิธี fit arctangent profile ด้วยโปรแกรม iat นั้นจะเห็นว่าความลึกล็อคและความเร็วไกลของรอยเลื่อนบริเวณทางตอนเหนือนั้นมีค่ามากกว่าบริเวณทางตอนใต้ ซึ่งทางตอนเหนือนั้นมีค่าความลึกล็อคอยู่ที่ประมาณ 15 กิโลเมตรและมีความเร็วไกลประมาณ 10 เซนติเมตรต่อปี ส่วนทางตอนใต้นั้นมีค่าความลึกล็อคอยู่ที่ประมาณ 7 กิโลเมตรและมีค่าความเร็วไกลประมาณ 3 เซนติเมตรต่อปี สำหรับการเกิดแผ่นดินไหวที่พม่านั้นส่วนใหญ่เกิดจากรอยเลื่อนสะกายและรอยเลื่อนนี้มีการสะสมพลังในการเกิดแผ่นดินไหวในแต่ละครั้ง ซึ่งถ้าเราทราบอัตราการเคลื่อนตัว ความลึกล็อค เราก็สามารถนำไปประเมินหาความเค้น ความเครียดที่เกิดจากการเปลี่ยนรูปร่างของเปลือกโลกได้พร้อมกับสามารถประเมินแรงที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้อีกด้วย ในงานวิจัยนี้มีข้อเสนอแนะดังนี้

- ในกรณีการตรวจสอบรอยเลื่อนสะกายโดยใช้เครือข่ายท้องถิ่น CGPS ของพม่านั้นไม่สามารถนำมาคำนวณหาอัตราการสลิปตามรอยเลื่อนได้ เนื่องจากรอยเลื่อนนี้มีความยาวมากและมีสถานีจีพีเอสมีไม่เพียงพอ จึงต้องการข้อมูลที่มากขึ้นเพื่อทำให้ผลการคำนวณมีความแม่นยำมากขึ้น
- สำหรับค่าความลึกล็อคและอัตราการเคลื่อนตัวที่ได้จากผลการวิจัยในครั้งนี้สามารถนำไปศึกษาหาความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นของรอยเลื่อนสะกายต่อไปได้ เนื่องจากความเค้นเกิดจากแรงกดหรือดึงขึ้นบริเวณพื้นผิวใดๆ ส่วนความเครียดเกิดจากการเปลี่ยนขนาดและรูปแรงของรอยเลื่อน จึงสามารถบอกถึงความรุนแรงของรอยเลื่อนที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้

เอกสารอ้างอิง

ปีย์ โสน อ่อง. (2557). **การติดตามแนวรอยเลื่อนสะแกงในประเทศพม่าด้วยข้อมูลจีพีเอส**. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีทัต เจริญกาลัญญูตา. (2555). **ผลกระทบของค่าคลาดเคลื่อนชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ต่อประสิทธิภาพจากการรังวัดด้วยดาวเทียมจีพีเอสแบบจลน์ในทันทีโดยอาศัยระบบเครือข่ายสถานีฐานจีพีเอสในประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ดุษฎีมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สันติ ภัยหลบลี้ และ สัณฑวัฒน์ สุขรังษี. **รอยเลื่อนสะกาย : พฤติกรรมและพิบัติภัยต่อประเทศไทย**. สืบค้น สิงหาคม 7, 2558, เข้าถึงได้จากจาก http://www.seismology.tmd.go.th /documents /file/seismo-doc-1422078707.pdf

อำนาจ ยานุวิริยะกุล และ สุทธิศักดิ์ ศรลัมพ์. (2552). พฤติกรรมการตอบสนองของชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ เชิงพื้นที่เนื่องจากแรงกระทำแผ่นดินไหว. **วารสารวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ**, **14**, 10.

Bridget, R., Sandwell, T. and Shearer, P) .2011**.** (Locking depths estimated from geodesy and seismology along the San Andreas Fault System: Implications for seismic moment release .**Journal of Geophysical Research**, **116**, 12.

Dach, R., Hugentobler, U., Fridez, P., and Meind, M. (2007). **Bernese GPS software Version 5.0**. Astronomical Institute, University of Bern, Switzerland.

Le Dain, A. Y., Tapponnier, P. and Molnar, P. (1984). Active faulting and tectonics of Burma and surrounding regions. **Journal of Geophysical Research**, **89**, 453-472.

McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksoz, N. M., and Veis, G. (2000). Global Positioning System constraints on plate motions and deformations in eastern Mediterranean and Caucasus. **Journal of Geophysical Research**, **105** (B3), 5695-5719.

McClusky, S., Reilinger, R., Mahmoud, S., Sari, B., and Tealeb, A. (2003). GPS constraints on Africa (Nubia) and Arabia plate motions. **Geophysical Journal International**, **155**, 126-138.

Pailoplee, S. (2012). Relationship between Modified Mercalli Intensity and peak ground acceleration in Myanmar. **Natural Science**, **4**, 624-630.

Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R., Ozener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrotsa, A., Filikov, S. V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R. and Karam, G. (2006). GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. **Journal of Geophysical Research**, **111 (**B05), 26.

Vigny, C., Chery, J., Duquesnoy, T., Jouanne, F., Ammann, J., Anzidei, M., Avouac, J.-P., Barlier, F., Bayer, R., Briole, P., Calais, E., Cotton, F., Duquenne, F., Feigl, K. L., Ferhat, G., Flouzat, M., Gamond, J.-F.,

Geiger, A., Harmel, A., Kasser, M., Laplanche, M., Pape, M., Martinod, J., Menard, G., Meyer, B., Ruegg, J.-C., Scheubel, J.-M., Scotti, O., and Vidal, G. (2002). GPS network monitors the Western Alps deformation over a five-year period: 1993-1998. **Journal of Geodesy**, **76** (2), 63-76.

Vigny, C., Socquet, A., Rangin, C., Chamot-Rooke, N., Pubellier, M., Bouin, M., Bertrand, G., and Becker, M. (2003). Present-day crustal deformation around Sagaing fault, Myanmar. **Journal of Geophysical Research**, **108** (B11), 10.

Wang, Y., Bruce, J., Shyu, H., Sieh, K., Chiang, H.-W., Wang, C.-C., Aung, T., Lin, N., Shen, C.-C., Min, S., Than, O., Lin, K. K. Tun, S. T. (2013). Permanent upper plate deformation in western Myanmar during the great 1762 earthquake: Implications for neotectonic behavior of the northern Sunda megathrust. **Journal of Geophysical Research**, **118** (3), 1277-1303.

Wang, Y., Sieh, K., Aung, T., Min, S., Khaing, S. N., and Tun, S. T. (2011). Earthquakes and slip rate of the southern Sagaing fault: insights from an offset ancient fort wall, lower Burm (Myanmar). **Geophysical Journal International**, **185** (1), 49-64.

Wang, Y., Tun, S. T., Khaing, S. N., Thant, M., Htay, N., Htwe, Y., Myint, T., and Sieh, K. (2014). Surface Ruptures of the Mw 6.8 March 2011 Tarlay arthquake, Eastern Myanmar. **Bulletin of the Seismological Society of America**, **104**, 2904-2914.

เทคนิคการวิเคราะห์และประเมินคุณภาพของสัญญาณดาวเทียม GNSS ในการจัดตั้งสถานีตรวจรับสัญญาณดาวเทียมแบบอัตโนมัติ

Analysis and Assessment of GNSS signal quality for an establishment of Continuous Operating Reference Station (CORS)

เสริม ชินรัตน์[1],สรวิศ สุภเวชย์[2],เฉลิมชนม์ สถิระพจน์[1], ชัยวัฒน์ พรมทอง[3]

Serm Chinnarat[1],Soravis Supavetch[2],Chalermchon Satirapod[1],Chaiwat Promthong[3]

ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย[1]

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน[2]

กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย[3]

ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 02-678-0707 โทรสาร 02-678-0707[1]

50 ถนนงามวงศ์วาน จตุจักร กรุงเทพ 10900 โทรศัพท์ 02-797-0999[2]

ถนน กัลยาณไมตรี เขต พระนคร กรุงเทพมหานคร 10200 โทรศัพท์ 02-224 -7560[3]

Email:serm.co@hotmail.com[1],psoravis@gmail.com[2],chalermchon.s@chula.ac.th[1], ptchaiwat@gmail.com[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการวิเคราะห์และประเมินคุณภาพของสัญญาณดาวเทียม Global Navigation Satellite Systems (GNSS) เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นเบื้องต้นก่อนที่จะมีการประมวลผลและจัดตั้งโครงข่ายสถานีตรวจรับสัญญาณดาวเทียม GNSS อัตโนมัติ โดยอาศัยซอฟแวร์ TEQC (Translate Edit and Quality Checking) ที่มีความสามารถในการตรวจสอบและประเมินคุณภาพความสมบูรณ์ของข้อมูล ความคลาดเคลื่อนในชั้นบรรยากาศและความแปรปรวนจากคลื่นหลายวิถี เป็นต้น จากมาตรฐานของ IGS (International GNSS Service) ได้กำหนด ผลลัพธ์ของการรังวัดในสถานีตรวจรับสัญญาณดาวเทียมจะมีค่าความคลาดเคลื่อนของคลื่นหลายวิถี L1 กับ L2 ไม่เกิน 0.50 เมตร กับ 0.75 เมตร ตามลำดับ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะวิเคราะห์และประเมินคุณภาพสัญญาณดาวเทียม โดยอาศัยโปรแกรม TEQC ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษามาจากกรมแผนที่ทหาร ซึ่งเป็นหมุดในโครงข่ายอ้างอิงและโครงข่ายหลัก รวมทั้งหมด 18 หมุด ปีที่ทำการสำรวจ พ.ศ.2557 ได้กำหนด อัตราการบันทึกข้อมูลที่ 15 วินาที มุมกั้นท้องฟ้า 10 องศาจากขอบฟ้า และระยะเวลาบันทึกข้อมูล 24 ชั่วโมง ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นมีค่าความคลาดเคลื่อนของคลื่นหลายวิถี L1 จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.25 - 0.50 เมตร ค่าความคลาดเคลื่อนของคลื่นหลายวิถี L2 จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.25-0.70 เมตร ซึ่งผลลัพธ์ได้ค่าความคลาดเคลื่อนของคลื่นหลายวิถีส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์งานมาตรฐานของ IGS

คำสำคัญ: คุณภาพของสัญญาณดาวเทียม GNSS,สถานีรังวัดสัญญาณดาวทียมแบบอัตโนมัติ

ABTRACT

This research aims to explore approaches to analyze and evaluate the quality of GNSS signal to increase confidence prior to the processing and establishment of GNSS CORS with the use of the TEQC (Translate Edit and. Quality Checking) software. TEQC has an ability to monitor and assess the quality of GNSS data, its integrity, ionospheric delay and variability of multipath effect. According to the standard of the IGS (International GNSS Service), the result reveals that the multipath effect on L1 and L2 must be no greater than 0.50 and 0.75, respectively. In this article, an analysis and evaluation of GNSS signal quality are carried out using the TEQC software. The GNSS data sets collected by the Royal Thai Survey Department

(RTSD) were used in this study. A total of 18 stations (including the zero and first order Thai geodetic network) were observed for a 24-hr time span in Nov 2013 with a 15-second sampling rate and 10-degrees cut-off angle. The results show that values of the multipath effect on L1 range from 0.25 to 0.5 while values of the multipath effect on L2 range from 0.25 to 0.7. Most of the stations are satisfied with the IGS standard

KEY WORD: GNSS signal quality, CORS

1. บทนำ

ปัจจุบันการจัดตั้งสถานีตรวจรับสัญญาณดาวเทียม GNSS แบบอัตโนมัติ (Continuously Operating Reference Station:CORS) ได้เข้ามามีบทบาทในงานสำรวจมากขึ้น เช่น การทำแผนที่ งานผังเมือง การวางแผนบริหารจัดการ การติดตามการบิดเบี้ยวของตัวอาคาร การติดตามการเกิดแผ่นดินไหว และ โดยเฉพาะงานที่ต้องการความละเอียดถูกต้องทางตำแหน่งสูง เช่น งานโครงข่ายหมุดควบคุมระดับประเทศและการติดตามการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก เป็นต้น ดังนั้นตามทฤษฎีการเลือกที่ตั้ง สภาพแวดล้อมและคุณภาพของข้อมูลที่ดี เป็นสิ่งที่สำคัญ เนื่องจากการรังวัดสัญญาณระบบดาวเทียม GNSS สามารถปฏิบัติงานได้ทุกสภาพอากาศและทุกสภาพพื้นที่และยังให้ค่าที่มีความถูกต้องทางตำแหน่งสูง อย่างไรก็ตามข้อมูลที่รังวัดด้วยระบบดาวเทียมอาจมีความคลาดเคลื่อนปนอยู่ เช่น ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากนาฬิกาเครื่องรับ ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากนาฬิกาดาวเทียม และความคลาดเคลื่อนเนื่องจากวงโคจรดาวเทียม เป็นต้น ความคลาดเคลื่อนดังกล่าวสามารถขจัดออกไปได้โดยการใช้เทคนิคการหาค่าต่าง แต่อย่างไรก็ตามงานรังวัดสัญญาณดาวเทียมยังมีความคลาดเคลื่อนจากข้อจำกัดทางด้านกายภาพรวมอยู่ด้วย เช่น สถานที่ตั้ง สภาพแวดล้อม สิ่งกีดขวาง เป็นต้น ซึ่งข้อจำกัดดังกล่าวทำให้เกิดพื้นผิวสะท้อนคลื่นอยู่รอบข้างเสาอากาศ ลักษณะของพื้นผิวสะท้อนอาจจะอยู่ในแนวราบ แนวดิ่ง หรือแนวเอียง เช่น ผนังตึก ผิวถนน ผิวน้ำ เป็นต้น ข้อจำกัดดังกล่าวนี้ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนที่เรียกว่าคลื่นหลายวิถี ซึ่งมีอิทธิพลต่อความถูกต้องทางตำแหน่ง (Satirapod,Khoonphool และ Rizos,2003) และมีผลกระทบต่อคุณภาพข้อมูลสัญญาณดาวเทียม GNSS ในการจัดตั้งสถานีตรวจรับสัญญาณดาวเทียม GNSS แบบอัตโนมัติ

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาวิธีการวิเคราะห์และประเมินคุณภาพสัญญาณดาวเทียมภายใต้ข้อจำกัดดังกล่าว โดยใช้ข้อมูลมาจากโครงข่ายรังวัดสัญญาณดาวเทียมอ้างอิงและหลัก ของกรมแผนที่ทหาร จำนวน 18 หมุด โดยอาศัยโปรแกรม TEQC (Translate Edit Quality Checking:TEQC) ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดย Lou Estey and Stuart Wier จาก UNAVCO (University NAVSTAR Consortium:UNAVCO) ซึ่งงานวิจัยนี้มุ่งเน้นเฉพาะการวิเคราะห์และประเมินคุณภาพสัญญาณดาวเทียม GNSS ในการจัดตั้งสถานีตรวจรับสัญญาณดาวเทียม GNSS แบบอัตโนมัติเพื่อใช้เป็นแนวทางปฏิบัติในการคัดเลือกความเหมาะสมในการจัดตั้งสถานีตรวจรับสัญญาณดาวเทียม GNSS แบบอัตโนมัติ และใช้เป็นแนวทางเพิ่มความเชื่อมั่นสนับสนุนในการจัดตั้งสถานีตรวจรับสัญญาณดาวเทียม GNSS แบบอัตโนมัติ

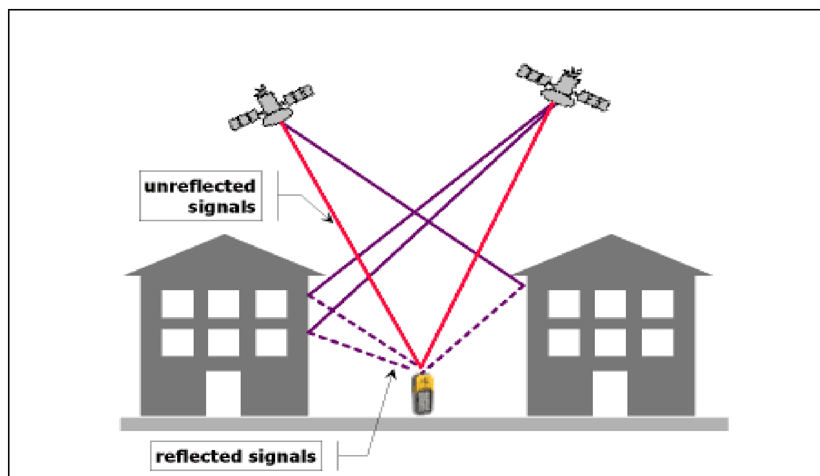
2. วิธีการวิจัย

2.1 หลักการและเหตุผล

ในการจัดตั้งสถานีตรวจรับสัญญาณดาวเทียม GNSS แบบอัตโนมัติ มีการพิจารณาองค์ประกอบในการจัดตั้งมีหลายองค์ประกอบ ซึ่งในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นเฉพาะการวิเคราะห์และประเมินคุณภาพสัญญาณดาวเทียม GNSS ซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งในการจัดตั้งสถานีตรวจรับสัญญาณดาวเทียม GNSS แบบอัตโนมัติ แต่เนื่องจากข้อมูลจากการรังวัดสัญญาณระบบดาวเทียม GNSS มีความคลาดเคลื่อนปนอยู่ ซึ่งความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นสามารถขจัดออกไปด้วยเทคนิค การหาค่าต่าง แต่ยังคงเหลือค่าความคลาดเคลื่อนจากข้อจำกัดทางด้านกายภาพ ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดคลื่นหลายวิถี (Multipath) ซึ่งคลื่นหลายวิถีเป็นความคลาดเคลื่อนชนิดหนึ่งที่เกิดขึ้นในสัญญาณดาวเทียมและมีอิทธิพลทำให้ค่าความถูกต้องทางตำแหน่งลดลง วิธีการขจัดหรือลดค่าความคลาดเคลื่อนจากคลื่นหลายวิถี เช่น การใช้เสาอากาศชนิดพิเศษหรือการเลี่ยงรังวัดบริเวณที่มีการสะท้อน

อาจจะช่วยให้สามารถขจัดหรือลดความคลาดเคลื่อนจากคลื่นหลายวิถีได้บ้าง แต่ก็เป็นการยากที่จะหลีกเลี่ยงการทำงานในบริเวณที่ไม่มีการสะท้อนของคลื่นโดยสิ้นเชิง (Satirapod,Khoonphool และ Rizos,2003)

ดังนั้นปัจจัยหลักที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของสัญญาณดาวเทียม GNSS ในการจัดตั้งสถานีตรวจรับสัญญาณดาวเทียม GNSS แบบอัตโนมัติคือค่าความคลาดเคลื่อนของคลื่นหลายวิถี ที่เกิดมาจากการตั้งเครื่องรับสัญญาณใกล้ตัวอาคารหรือพื้นผิวของน้ำ เป็นต้น ทำให้การเดินทางของสัญญาณสะท้อนกับวัตถุอื่นก่อนถึงเครื่องรับสัญญาณทำให้ค่าการรังวัดที่เกิดขึ้นมีความคลาดเคลื่อน ยิ่งไปกว่านั้น ค่าความคลาดเคลื่อนในการรังวัดยังขึ้นอยู่กับระดับของมุมดาวเทียม ในขณะที่มุมดาวเทียมต่ำยิ่งมีผลทำให้ความสามารถในการรับสัญญาณของเครื่องรับลดลงและส่งผลจะทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนของคลื่นหลายวิถีมีค่าสูงขึ้น (Misra and Enge, 2001)



รูปที่ 1 แสดงสาเหตุค่าความคลาดเคลื่อนของคลื่นหลายวิถี
(http://www.kowoma.de/en/gps/errors.htm)

โดยทั่วไปแล้วค่าความคลาดเคลื่อนของคลื่นหลายวิถีไม่มีแบบจำลองเพราะขึ้นอยู่กับเวลาที่ตั้ง และสถานภาพของรูปทรงเรขาคณิต (Hofmann-Wellenhof *et al.*, 2008).อย่างไรก็ตามค่าความคลาดเคลื่อนของคลื่นหลายวิถีสามารถประมาณค่าโดยการรวมกันของคลื่นทั้งสองความถี่ (code and carrier) ซึ่งอยู่บนสมมติฐานของ Phase multipath is negligible สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้ (Estey and Meertens, 1999).

สมการ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากคลื่นหลายวิถี (Multipath,MP) มีดังนี้

$$MP1 = P1 - \frac{(\alpha+1)}{(\alpha-1)}\Phi1 + \frac{2}{(\alpha-1)}\Phi2 + \text{const} \quad (1)$$

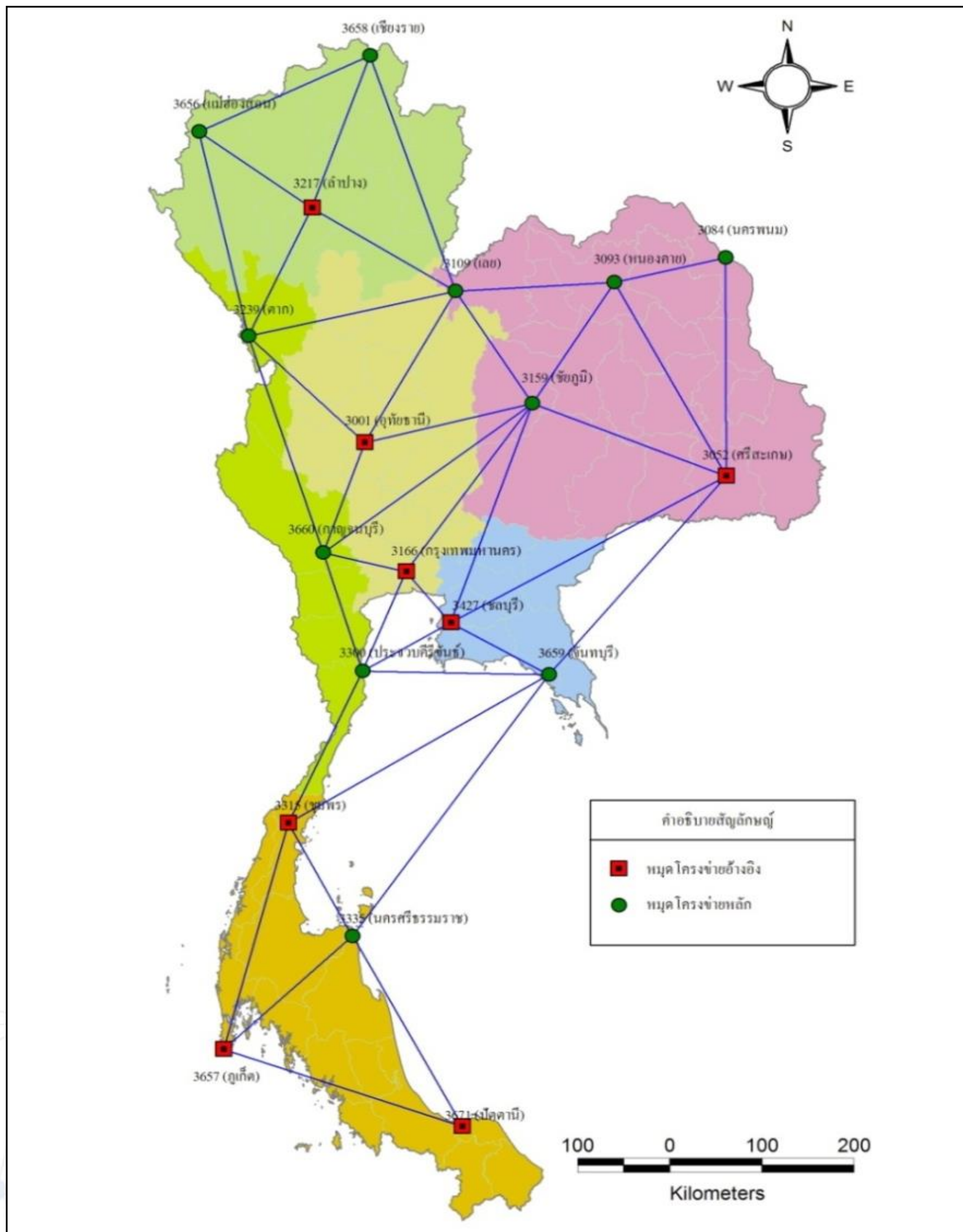
$$MP2 = P2 - \frac{2\alpha}{(\alpha-1)}\Phi1 + \frac{(\alpha+1)}{(\alpha-1)}\Phi2 + \text{const} \quad (2)$$

โดยที่

MP1 and MP2 คือ Multipath delay pseudorange measurement on L1 and L2 carrier frequency,
P1 and P2 are the pseudorange measurement on L1 and L2 carrier frequency,
$\Phi1$ and $\Phi2$ are the carrier phase measurement using L1 and L2 carrier frequency,
const is the arbitrary constant due to the integer carrier phase ambiguity.

2.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัยเป็นข้อมูลจากงานหรือโครงการประจำปีงบประมาณของกรมแผนที่ทหาร และงานหรือโครงการที่กรมแผนที่ทหารให้การสนับสนุนแก่หน่วยงานต่าง ๆ ประกอบไปด้วย ข้อมูลการรังวัดสัญญาณดาวเทียม GPS จากชุดปฏิบัติงานสนามรังวัดโครงข่ายดาวเทียม GPS ปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 ของกรมแผนที่ทหาร คาบการรังวัด 24 ชั่วโมง อัตราการบันทึกข้อมูลทุก 15 วินาที มุมกั้นท้องฟ้า 10 องศาจากขอบฟ้า (Cut off elevation angle is 10 degrees from horizon).

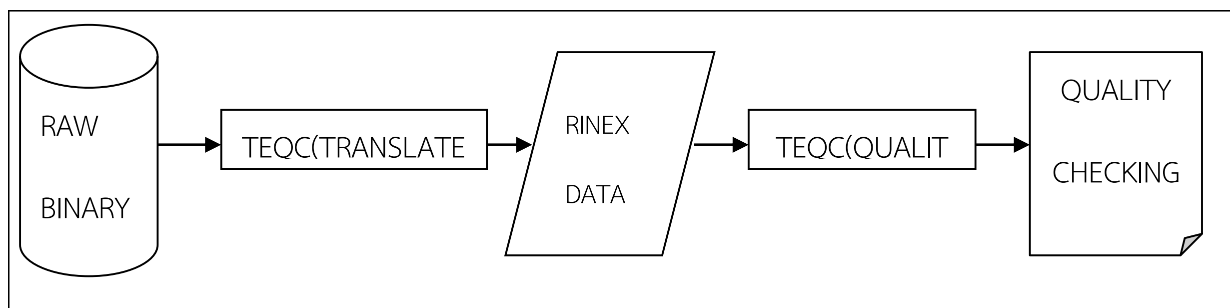


รูปที่ 2 แสดงพื้นที่ศึกษา โครงข่ายอ้างอิงและหลัก(กรมแผนที่ทหาร, 2557)

3. โปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัย

ในการวิเคราะห์และประเมินคุณภาพสัญญาณดาวเทียม GNSS เพื่อใช้ศึกษาหาผลกระทบจากความคลาดเคลื่อนต่างๆที่เกิดขึ้นในสัญญาณดาวเทียม GNSS ในงานวิจัยได้นำโปรแกรม TEQC มาวิเคราะห์และประเมินคุณภาพสัญญาณดาวเทียม GNSS ซึ่ง ถูกพัฒนาโดย UNAVCO องค์ประกอบหลักของซอฟแวร์ มีสามส่วนหลักคือ การแปลงค่า การเพิ่มหรือลดค่าและการตรวจสอบหรือประเมินค่า ซึ่งตัวดัชนีที่สำคัญที่เกิดขึ้นจากการประมวลผลโดย โปรแกรม TEQC มีทั้งหมด 8 ตัว ดังนี้

- Signal to noise ratio on L1 carrier frequency (SN1)
- Signal to noise ratio on L2 carrier frequency (SN2)
- Derivative of ionospheric delay observable:m/s (IOD)
- Observed ionospheric delay: meter (ION)
- คลื่นหลายวิถีของสัญญาณรหัสบนคลื่นความถี่พาห์ L1 (Code multipath delay on L1 carrier frequency: meter) (MP1)
- คลื่นหลายวิถีของสัญญาณรหัสบนคลื่นความถี่พาห์ L2 (Code multipath delay on L2 carrier frequency: meter) (MP2)
- Satellite azimuth: degree (AZI)
- ข้อมูลระดับของมุมดาวเทียม Satellite elevation angle: degree (ELE)



รูปที่ 3 แสดงแผนผังการแก้ไขผลกระทบจากคลื่นหลายวิถี

โดยในการวิเคราะห์และประเมินคุณภาพสัญญาณดาวเทียม GNSS ค่าดัชนีโดยกราฟ จะใช้โปรแกรม Matirx Laboratory (MATLAB) กับ QC2SKY (M. Roggero, 2004) เพื่อวิเคราะห์และประเมินคุณภาพสัญญาณ GNSS ในขั้นตอนสุดท้ายคือการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์และประเมินคุณภาพสัญญาณดาวเทียม GNSS กับค่าความถูกต้องทางตำแหน่ง ในงานวิจัยนี้เลือกใช้โปรแกรม Canadian Spatial Reference System Precise Point Positioning Service (CSRS-PPP) คือ โปรแกรมได้รับการพัฒนา โดย Geodetic Survey Division(GSD) ซึ่งเป็นแผนกหนึ่งในหน่วยงานด้านทรัพยากรธรรมชาติ พลังงาน และเหมืองแร่ ของประเทศแคนาดา เป็นการให้บริการประมวลผลข้อมูลจีพีเอสแบบจุดเดี่ยวความละเอียดสูงในรูปแบบออนไลน์ที่ไม่เสียค่าใช้จ่าย ด้วยการใช้ข้อมูลวงโคจรดาวเทียมความละเอียดสูง และค่าแก้นาฬิกาดาวเทียมความละเอียดสูง รูปแบบการให้บริการนี้สามารถประมวลผลข้อมูลได้ทั้งแบบสถิต (Static) และแบบจลน์ (Kinematic) นอกจากนี้ยังสามารถแสดงค่าพิกัดได้ทั้งบนพื้นหลักฐานอ้างอิง North American Datum of 1983 (NAD83) และ International Terrestrial Reference Frame (ITRF) ความถูกต้องเชิงตำแหน่ง ในทางราบจะต่ำกว่า 1 เซนติเมตร เมื่อทำการรังวัดแบบสถิต ด้วยเครื่องรับสัญญาณแบบสองความถี่ เป็นระยะเวลา 12-24 ชั่วโมง และต่ำกว่า 5 เซนติเมตรเมื่อทำการรังวัดเป็นระยะเวลา 2-3 ชั่วโมง

4. จุดทดสอบ

สถานีรังวัดสัญญาณดาวเทียม จว.ปัตตานี (PAT2) เป็นสถานีในโครงข่ายอ้างอิง ของกรมแผนที่ทหาร เพื่อที่จะอธิบายถึงวิธีการกับเทคนิคในการวิเคราะห์และประเมินคุณภาพสัญญาณดาวเทียม GNSS และหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์และประเมินคุณภาพสัญญาณดาวเทียม GNSS กับค่าความถูกต้องทางตำแหน่ง



(ก)



(ข)

รูปที่ 4 แสดงลักษณะการติดตั้งและสภาพแวดล้อม
จุดทดสอบสถานี จว.ปัตตานี (PAT2) (ก)ทิศเหนือ (ข)ทิศตะวันตก

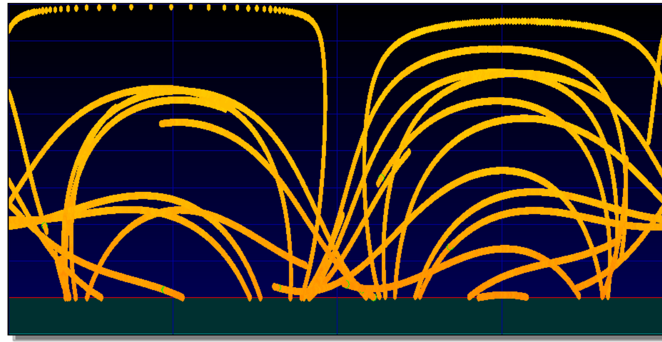


รูปที่ 5 แสดงแผนที่ที่ตั้งและสภาพแวดล้อม
ของจุดทดสอบ จว.ปัตตานี (PAT2) (Google Earth)

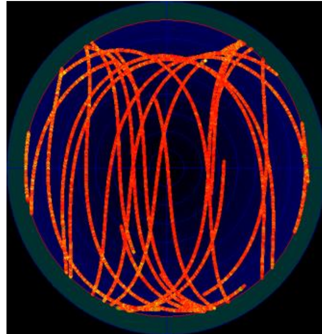
จุดทดสอบ(PAT2)	10 ตุลาคม 2556		
Satellite PRN	Elevation(Degree)	MP1(m)	MP2(m)
1	43.21	0.275586	0.328431
7	53.77	0.226981	0.303398
20	26.38	0.313183	0.318393
23	20.49	0.320800	0.396094
25	17.45	0.461428	0.572444
32	11.26	0.502108	0.566186

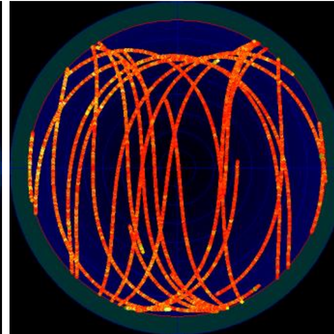
ตาราง 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคลื่นหลายวิถีกับข้อมูลระดับของมุมดาวเทียม
ในจุดทดสอบสถานี จว.ปัตตานี(PAT2) วันที่ 10 ตุลาคม 2556

จากตารางที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคลื่นหลายวิถีกับระดับมุมของดาวเทียม ในจุดทดสอบสถานี จว.ปัตตานี (PAT2) ใน วันที่ 10 ตุลาคม 2556 อัตราการบันทึกข้อมูลทุก 15 วินาที 24 ชั่วโมง มุมกั้นท้องฟ้า 10 องศาจากขอบฟ้า ผลปรากฏว่า ค่าของคลื่นหลายวิถีที่เกิดขึ้นไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานของ IGS โดยที่ ค่าความคลาดเคลื่อนของคลื่นหลายวิถี L1 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.23 – 0.50 และ ค่าความคลาดเคลื่อนของคลื่นหลายวิถี L2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.30 – 0.56 ซึ่งสัมพันธ์กับข้อมูลระดับของดาวเทียม ดังนี้ เมื่อข้อมูลระดับของดาวเทียมต่ำลงหรือมุมน้อยลงจะทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนของคลื่นหลายวิถีมีค่าสูงขึ้น แต่ถ้า ยิ่งข้อมูลระดับของดาวเทียมสูงขึ้น ให้ค่าความคลาดเคลื่อนของคลื่นหลายวิถีมีค่าต่ำลง ยิ่งไปกว่านั้นถ้าข้อมูลระดับของดาวเทียมตั้งฉากกับเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม (90 องศา) จะทำให้ได้คลื่นหลายวิถีมีค่าต่ำที่สุด

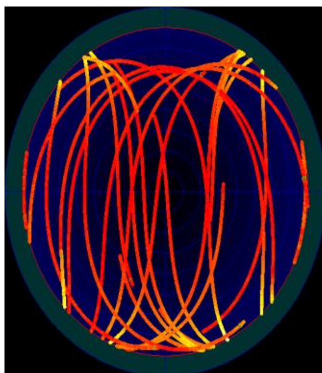


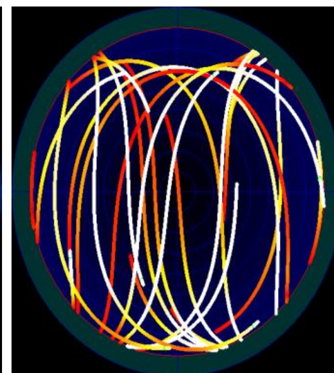
(ก)



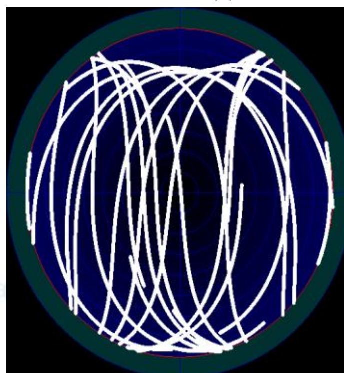


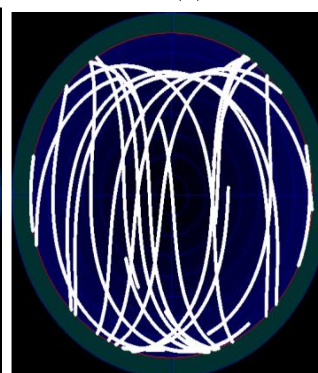
(ข) (ค)





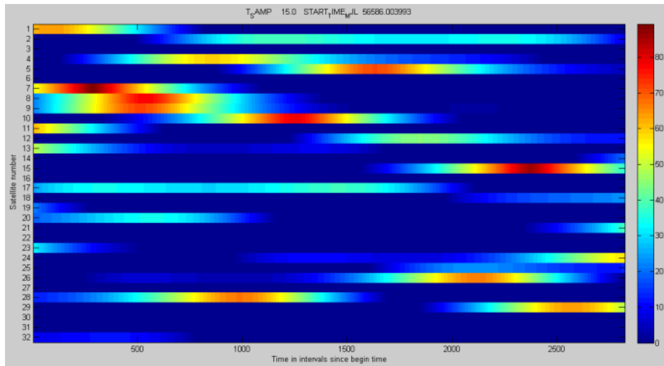
(ง) (จ)



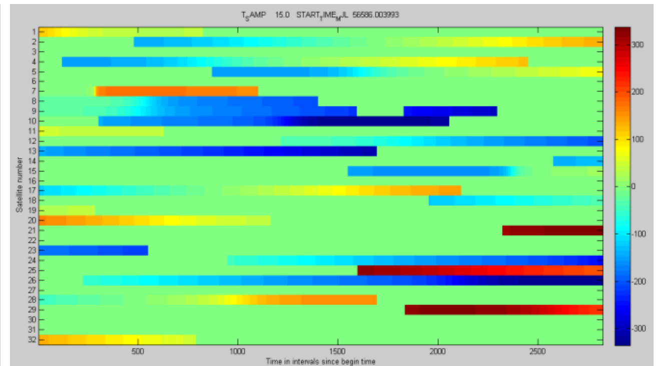


(ฉ) (ช)

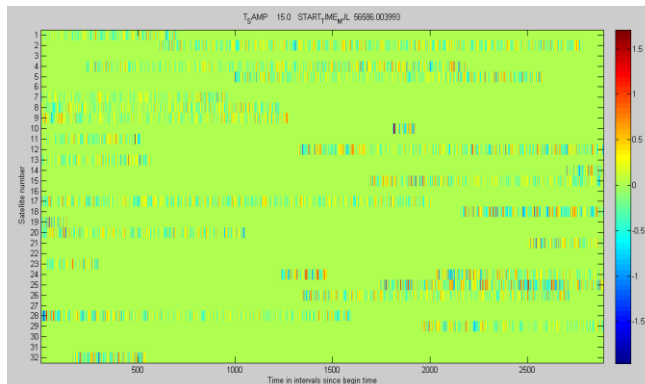
รูปที่ 6 แสดงการวิเคราะห์และประเมินคุณภาพสัญญาณดาวเทียม GNSS โดยโปรแกรม QC2SKY ในพื้นที่จุดทดสอบ จว.ปัตตานี วันที่ 10 ตุลาคม พ.ศ. 2556 อัตราการบันทึกข้อมูลทุก 15 วินาที 24 ชม. มุมกั้นท้องฟ้า 10 องศาจากขอบฟ้า (ก) ความสัมพันธ์ระหว่าง Satellite azimuth กับ Satellite elevation angle (ข) MP1 (ค) MP2 (ง) IOD (ค) ION (จ) SN1 (ช) SN2



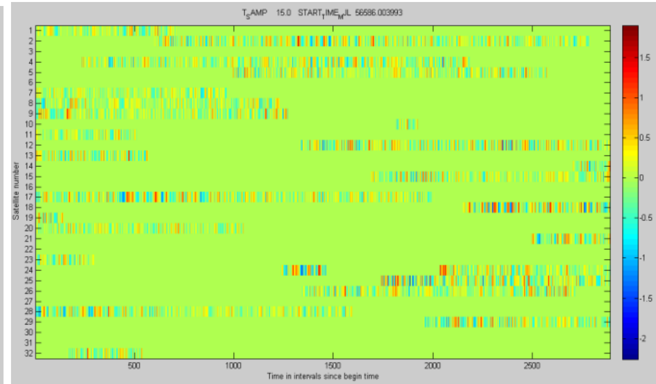
(ก)



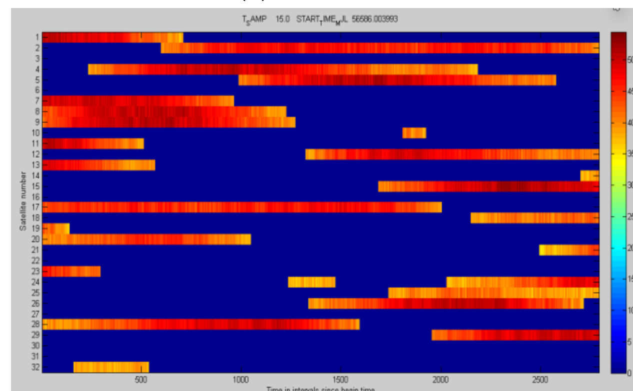
(ข)



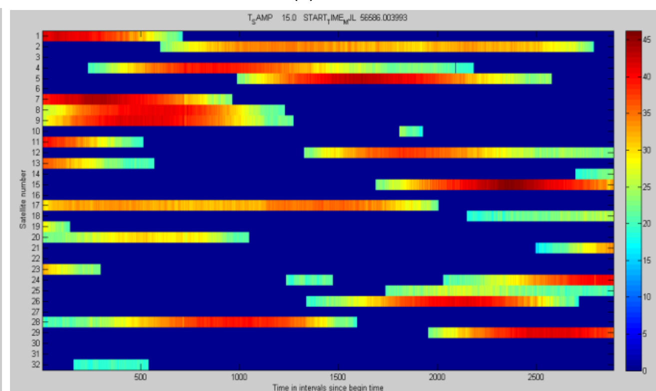
(ค)



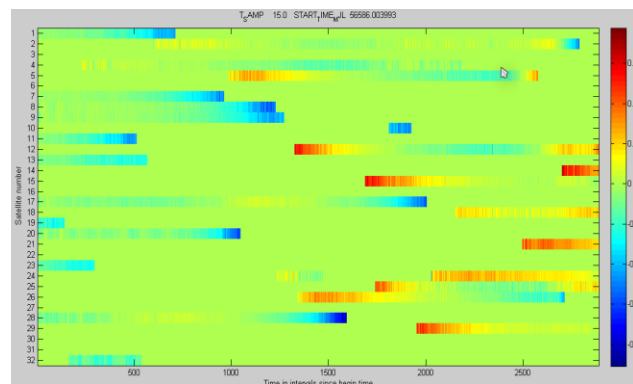
(ง)



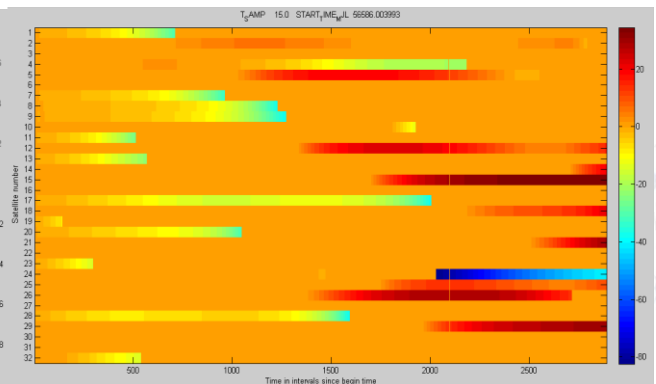
(จ)



(ฉ)



(ช)



(ซ)

รูปที่ 7 แสดงการวิเคราะห์และประเมินคุณภาพสัญญาณดาวเทียม GNSS โดยโปรแกรม MATLAB ในพื้นที่จุดทดสอบ จว.ปัตตานี วันที่ 10 ตุลาคม พ.ศ. 2556 อัตราการบันทึกข้อมูลทุก 15 วินาที 24 ชม. มุมกั้นท้องฟ้า 10 องศาจากขอบฟ้า (ก) ELE (ข) AZI (ค) MP1 (ง) MP2 (จ) SN1 (ฉ) SN2 (ช) IOD (ซ) ION

การวิเคราะห์และประเมินคุณภาพของสัญญาณดาวเทียม GNSS จากกราฟ โดยอาศัยโปรแกรม QC2SKY ดังรูปที่ 6 เป็นลักษณะการวิเคราะห์และประเมินคุณภาพสัญญาณที่บอกถึงทิศทางและการโคจรของดาวเทียมทุกดวง ซึ่งจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลมุมของอะซิมุทดาวเทียมกับข้อมูลระดับของดาวเทียม ส่วนการวิเคราะห์และประเมินคุณภาพของสัญญาณดาวเทียม GNSS จากกราฟ โดยอาศัยโปรแกรม MATLAB ดังรูปที่ 7 เป็นลักษณะการวิเคราะห์และประเมินคุณภาพสัญญาณที่บอกถึงความคลาดเคลื่อนแต่ละดวงกับช่วงเวลา ดังนั้น ในการวิเคราะห์และประเมินคุณภาพของสัญญาณดาวเทียม GNSS จุดทดสอบ สถานี จว.ปัตตานี (PAT2) ค่าความคลาดเคลื่อนของคลื่นหลายวิถีที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ จะเกิดขึ้นที่ระดับมุมของดาวเทียมที่มุม 10 องศา ถึง 45 องศา และ มุมอะซิมุทดาวเทียมที่มุม 170 องศา ถึง 330 องศา ดาวเทียมดวงที่ 25 จะมีความคลาดเคลื่อนของคลื่นหลายวิถี L1 สูงสุดที่ 0.46 เมตร ข้อมูลระดับของดาวเทียมต่ำสุดที่ 17.45 องศา และช่วงเวลาที่เกิดความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ เวลา 07.30 ถึง 08.20 ซึ่งจะเกิดในทิศทางตะวันออกกับทางใต้เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อม เนื่องจากทิศทางดังกล่าวในจุดทดสอบมีสิ่งกีดขวาง คือ ผนังตึกของอาคาร

Station name	Antenna type	Receiver manufacturer	Observed length (hrs)	Expected number of observations (#expt)	Actual number of observation (#have)	Data efficiency (%)	MP1 (m)	MP2 (m)	IGS STANDARD		Number of cycle slips (O/slps)
									MP1 (m)	MP2 (m)	
RTSD	TRM55971.00	TRIMBLENETR5	23.99	25221	24788	98	0.25	0.25	0.5	0.75	310
BANH	TRM39105.00	TRIMBLE 5700	23.87	50958	40570	80	0.53	1.01	0.5	0.75	217
CHAI	TRM41249.00	TRIMBLE 5700	23.80	49553	47700	96	0.31	0.35	0.5	0.75	1539
CHON	LEIAT502	LEICA SR530	23.94	50648	48262	95	0.14	0.13	0.5	0.75	877
CHRI	TRM41249.00	TRIMBLE 5700	23.93	48899	36145	74	0.58	0.92	0.5	0.75	193
CHTB	TRM5800	TRIMBLE 5800	23.89	50808	38015	75	0.55	0.76	0.5	0.75	247
HUAH	TRM41249.00	TRIMBLE 5700	23.96	50792	41521	82	0.53	0.73	0.5	0.75	451
KCNB	TRM5800	TRIMBLE 5800	23.88	49964	40466	81	0.72	1.02	0.5	0.75	224
LOEI	TRM41249.00	TRIMBLE 5700	21.57	43750	43255	99	0.34	0.40	0.5	0.75	7209
MHSN	TRM41249.00	TRIMBLE 5700	3.688	6926	6452	93	0.33	0.43	0.5	0.75	6452
MSTK	TRM41249.00	TRIMBLE 5700	23.84	49268	41187	84	0.41	0.66	0.5	0.75	408
NKPH	TRM41249.00	TRIMBLE 5700	23.83	49501	43629	88	0.4	0.59	0.5	0.75	693
NKTM	TRM41249.00	TRIMBLE 5700	23.86	51671	42258	82	0.42	0.61	0.5	0.75	381
OTRI	TRM5800	TRIMBLE 5800	23.88	48947	47263	97	0.31	0.39	0.5	0.75	11816
PAT2	TRM41249.00	TRIMBLE 5700	12.12	26700	25360	95	0.32	0.40	0.5	0.75	2818
PHUK	LEIAT502	LEICA SR530	23.92	52170	49569	95	0.15	0.24	0.5	0.75	718
SRIS	TRM41249.00	TRIMBLE 5700	23.87	50221	42318	84	0.36	0.54	0.5	0.75	1008
UTHA	TRM41249.00	TRIMBLE 5700	23.80	49397	44014	89	0.35	0.51	0.5	0.75	917
UDON	TRM41249.00	TRIMBLE 5700	23.83	49324	47879	97	0.30	0.33	0.5	0.75	3990

ตาราง 2 แสดงผลลัพธ์การทดสอบ TEQC ในโครงข่ายอ้างอิงและหลัก ของกรมแผนที่ทหาร จำนวน 18 หมุด
วันที่ 10 ตุลาคม พ.ศ. 2556 อัตราการบันทึกข้อมูลทุก 15 วินาที 24 ชม. มุมกั้นท้องฟ้า 10 องศาจากขอบฟ้า

จากตารางที่ 2 แสดงผลลัพธ์การวิเคราะห์และประเมินคุณภาพสัญญาณดาวเทียม โดยอาศัยโปรแกรม TEQC จำนวน 18 หมุด ในโครงข่ายอ้างอิงและหลัก ของกรมแผนที่ทหาร วันที่ 10 ตุลาคม พ.ศ. 2556 อัตราการบันทึกข้อมูลทุก 15 วินาที 24 ชม. มุมกั้นท้องฟ้า 10 องศาจากขอบฟ้า เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของ IGS และผลลัพธ์ในจุดทดสอบ จว. ปัตตานี มีค่าความคลาดเคลื่อนของคลื่นหลายวิถี L1 และ L2 เท่ากับ 0.32 เมตร และ 0.40 เมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานของ IGS

Station name	ITRF2008 (epoch 2013)			Sigma (95% Confidence level)			CSRS Standard accuracy (horizontal)
	Latitude (+N)	Longitude (+E)	Ellipsoid Height (m)	Latitude (+N)	Longitude (+E)	Ellipsoid Height (m)	
RTSD	13° 45’ 37.1081’’	100° 30’ 26.6825’’	-16.633 m	0.002 m	0.008 m	0.015 m	0.01 m
BANH	10° 36’ 34.3344’’	99° 04’ 32.2030’’	-5.361 m	0.003 m	0.020 m	0.026 m	0.01 m
CHAI	15° 51’ 12.9343’’	102° 04’ 01.5602’’	158.831 m	0.002 m	0.008 m	0.015 m	0.01 m
CHON	13° 07’ 13.9021’’	101° 02’ 40.9659’’	49.664 m	0.002 m	0.009 m	0.016 m	0.01 m
CHRI	20° 14’ 46.8384’’	100° 06’ 34.4486’’	330.849 m	0.004 m	0.022 m	0.025 m	0.01 m
CHTB	12° 27’ 18.0762’’	102° 13’ 17.0762’’	-17.048 m	0.003 m	0.015 m	0.021 m	0.01 m
HUAH	12° 30’ 59.3419’’	99° 58’ 30.8758’’	-26.094 m	0.003 m	0.011 m	0.022 m	0.01 m
KCNB	13° 59’ 58.3054’’	99° 30’ 09.7835’’	20.428 m	0.004 m	0.014 m	0.027 m	0.01 m
LOEI	17° 16’ 48.1013’’	101° 08’ 43.7871’’	321.745 m	0.003 m	0.008 m	0.016 m	0.01 m
MHSN	19° 17’ 18.0263’’	97° 57’ 51.1136’’	195.751 m	0.005 m	0.017 m	0.042 m	0.01 m
MSTK	16° 43’ 16.5435’’	98° 35’ 16.5636’’	178.824 m	0.003 m	0.009 m	0.020 m	0.01 m
NKPH	17° 37’ 56.5893’’	104° 28’ 56.3230’’	122.185 m	0.003 m	0.009 m	0.017 m	0.01 m
NKTM	9° 11’ 08.1195’’	99° 50’ 37.3504’’	-18.245 m	0.003 m	0.011 m	0.022 m	0.01 m
OTRI	18° 20’ 07.2232’’	99° 22’ 16.3750’’	240.041 m	0.002 m	0.008 m	0.016 m	0.01 m
PAT2	6° 47’ 10.7340’’	101° 08’ 36.8534’’	2.490 m	0.003 m	0.011 m	0.021 m	0.01 m
PHUK	7° 45’ 32.6363’’	98° 18’ 12.9388’’	-3.567 m	0.003 m	0.011 m	0.016 m	0.01 m
SRIS	14° 54’ 04.0588’’	104° 24’ 57.4012’’	115.246 m	0.002 m	0.009 m	0.020 m	0.01 m
UTHA	15° 23’ 01.5317’’	100° 00’ 47.5561’’	107.572 m	0.002 m	0.009 m	0.018 m	0.01 m
UDON	17° 21’ 31.5553’’	103° 06’ 17.7254’’	141.807 m	0.002 m	0.008 m	0.015 m	0.01 m

ตาราง 3 ผลลัพธ์การทดสอบ CSRS-PPP ในโครงข่ายหลัก ของกรมแผนที่ทหาร จำนวน 18 หมุด (10 ตุลาคม 2556)

จากตารางที่ 3 คือผลลัพธ์ที่เกิดจากการประมวลผลหาค่าความถูกต้องทางตำแหน่งละเอียดสูง จาก CSRS-PPP online จำนวน 18 หมุด ในโครงข่ายอ้างอิงและหลัก ของกรมแผนที่ทหาร วันที่ 10 ตุลาคม พ.ศ. 2556 อัตราการบันทึกข้อมูลทุก 15 วินาที 24 ชม. มุมกั้นท้องฟ้า 10 องศาจากขอบฟ้า ค่าพิกัดที่เกิดขึ้นอยู่บนพื้นหลักฐานเดียวกัน (ITRF2008 :epoch 2013) การประมวลผลทางตำแหน่งเป็นการประมวลผลแบบสัมบูรณ์ ดังนั้นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่เกิดขึ้นในจุดทดสอบสถานี จว.ปัตตานี มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานทางราบไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานของ CSRS

5. วิจารณ์ผลและสรุปผล

เอกสารฉบับนี้แสดงรายละเอียดที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์และประเมินคุณภาพสัญญาณดาวเทียม GNSS ในการจัดตั้งสถานีตรวจรับสัญญาณดาวเทียมแบบอัตโนมัติ เพื่อเป็นการสนับสนุนเพิ่มความเชื่อมั่นในการจัดตั้งสถานีตรวจรับสัญญาณดาวเทียมแบบอัตโนมัติ ให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น แม้ว่าวิธีการวิเคราะห์และประเมินคุณภาพสัญญาณดาวเทียมและพื้นที่ทดสอบจะยังไม่ครอบคลุมเพียงพอที่จะสรุปได้ว่าการวิเคราะห์และประเมินคุณภาพสัญญาณดาวเทียมที่ได้มีความถูกต้องมากเพียงใด แต่ก็ทำให้ทราบว่าวิธีการนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์และประเมินคุณภาพสัญญาณดาวเทียม GNSS ในการจัดตั้งสถานีตรวจรับสัญญาณดาวเทียมแบบอัตโนมัติได้ ซึ่งจะทำการทดสอบในงานวิจัยต่อไป

6. ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการวิเคราะห์และประเมินคุณภาพสัญญาณดาวเทียม โดยใช้โปรแกรม TEQC เพียงโปรแกรมเดียว และจุดที่ใช้ทดสอบก็เป็นจุดที่อยู่ในประเทศไทยถ้าจะเพิ่มความเชื่อมั่นในจุดที่ใช้ทดสอบต้องมีการเปรียบเทียบกับสถานีตรวจรับสัญญาณของ IGS ที่เป็นที่ยอมรับเช่น สถานีตรวจรับสัญญาณ CUSV ในประเทศไทย หรือถ้าเป็นการเปรียบเทียบผลจากการประมวลผลแบบสัมบูรณ์ควรที่จะเลือกสถานีตรวจรับสัญญาณ IGS ที่มีความน่าเชื่อถือในลำดับที่ 1 – 10 จากสถานีตรวจรับสัญญาณ IGS ทั้งหมดแต่ถ้าเป็นการเปรียบเทียบผลจากการประมวลผลแบบสัมพัทธ์ควรเลือกสถานีตรวจรับสัญญาณของ IGS ที่ครอบคลุมประเทศไทยมากที่สุด และการหาค่าความสัมพันธ์ทางตำแหน่งก็ใช้โปรแกรม CSRS-PPP เพียง

โปรแกรมเดียว ซึ่งในงานที่ความต้องการค่าความถูกต้องทางตำแหน่งความละเอียดสูง จำเป็นต้องใช้ โปรแกรมประมวลผลทางวิทยาศาสตร์ เช่น โปรแกรม GIPSY หรือ BERNESE ซึ่งจะได้ทำการศึกษาต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนข้อมูล จากชุดปฏิบัติงานสนามรังวัดโครงข่ายดาวเทียม GPS ปีงบ 57 ขอขอบคุณ กองยีออเดซี่และยีออฟิสิกส์ กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย ที่สนับสนุนข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ศ.ดร.เฉลิมชนม์ สถิระพจน์ และ Professor Dr.Chris Rizos. **การลดผลจากคลื่นหลายวิถีที่สถานีฐานจีพีเอสด้วยเวฟเลท.**

Misra, P. and Enge, P. (2001). **Global Positioning System Signals, Measurements, and Performance**. USA: Ganga-Jamuna Press.

Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H. and Wasle, E. (2008). **GNSS Global Navigation Satellite Systems GPS, GLONASS, Galileo and more**. Austria: SpringerWienNewYork.

Estey, L.H., C.M. Meertens, **TEQC : The Multi-Purpose Toolkit for GPS / GLONASS Data, GPS Solutions**, 3, 42–49 (1999)

ยีออเดซี่, แผนก. **รายงานผลการสำรวจแผนที่สนาม โครงการยีออเดซี่และยีออฟิสิกส์ ประจำปีงบประมาณ ๒๕๕๗**. กรุงเทพมหานคร : กองยีออเดซีและยีออฟิสิกส์ กรมแผนที่ทหาร, ๒๕๕๗.

กองยีออเดซี่และยีออฟิสิกส์, ๒๕๕๖. “**รายงานผลการปรับแก้โครงข่ายดาวเทียม GPS ประจำปีงบประมาณ ๒๕๕๖**”. กรุงเทพมหานคร, กรมแผนที่ทหาร.

ชัยวัฒน์ พรมทอง, เกรียงไกร บุญเติม และ พลภัทร เทียนไทย, ๒๕๕๑. “**โครงข่ายหมุดหลักฐาน GPS ใหม่ของกรมแผนที่ทหารภายหลังการเกิดแผ่นดินไหว เมื่อ ๒๖ ธันวาคม ๒๕๔๗**”กรุงเทพมหานคร,กองยีออเดซี่และยีออฟิสิกส์

Lou Estey and Stuart Wier,**Teqc Tutorial: Basics of Teqc Use and Teqc Products**, UNAVCO6350 Nautilus Drive Boulder, Colorado U.S.A.www.unavco.org

Ogaja, C. and Hedfors, J. (2007). **TEQC Multipath Metrics in MATLAB. GPS Solutions**. 11, 215 – 222, Springer-Verlag

M. Berrocoso, R. Páez, B. Jijena, C. Caturla. **The RAP Net: A Geodetic Positioning Network for Andalusia (South Spain)**.

Natural Resources Canada. **CSRS-PPP Accuracy (Online)**. Retrieved October 11, 2010, from:http://www.geod.nrcan.gc.ca/products-produits/ppp_acc_e.php

Natural Resources Canada. **CSRS-PPP User Guide (Online)**. Retrieved October 11, 2010, from: http://www.geod.nrcan.gc.ca/userguide/index_e.php

Natural Resources Canada. **Online Database (CSRS Online Database) (Online)**. Retrieved October 11, 2010, from: http://www.geod.nrcan.gc.ca/online_data_e.php

Junqing Liu,Guodong Yang,Cai Liu ,You Tian .**JLCORS Observation Data Quality Checking and Assessment**.International Conference on Logistics Engineering, Management and Computer Science (LEMCS,2015)

การประเมินสมรรถนะและการประเมินผลของเวลามาตรฐานประเทศไทย

Performances and evaluations of Thailand standard time

พรชนิตว์ มูลอักษร[1] ทยาทิพย์ ทองตัน[2] และ เฉลิมชนม์ สถิระพจน์[1]

Pornchanit Moonaksorn[1], Thayathip Thongtan[2] and Chalermchon Satirapod[1]

[1]Chulalongkorn University, [2]National Institute of Metrology Thailand

Email: pornchanit.pm@gmail.com, thayathip@nimt.or.th, csatirapod@gmail.com

บทคัดย่อ

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ (มว.) โดยห้องปฏิบัติการเวลาและความถี่ดำเนินการรักษามาตรเวลาของประเทศไทยที่เรียกว่า เวลาสากลเชิงพิกัดที่รักษาโดย มว. หรือ UTC(NIMT) เวลา UTC(NIMT) ได้มาจากการหาค่าเวลาจากนาฬิกาอะตอมซีเซี่ยมจำนวน 3 เครื่อง เวลา UTC(NIMT) มีการเชื่อมโยงไปยังเวลา UTC โดยการตรวจรับสัญญาณเวลาความแม่นยำสูงจากดาวเทียมนำทาง GPS ด้วยตัวรับสัญญาณเวลาจากดาวเทียม GPS ตัวรับสัญญาณเวลาดังกล่าววัด (1) ค่าความแตกต่างของเวลาระหว่างเวลา UTC(NIMT) และเวลาจากนาฬิกาบนดาวเทียมและ (2) ค่าความแตกต่างของเวลาระหว่างเวลา UTC(NIMT) และเวลาระบบของ GPS เวลา UTC(NIMT) จะเปรียบเทียบกับค่าเวลาจากนาฬิกาอะตอมอีกประมาณ 400 เครื่องที่รักษาเวลาโดยห้องปฏิบัติการเวลาที่อยู่ทั่วโลกเพื่อสร้างมาตรเวลา UTC หน่วยงานที่ทำหน้าที่ศูนย์กลางดังกล่าวคือ สำนักงานชั่งตวงวัดระหว่างประเทศกรุงปารีสประเทศฝรั่งเศส บทความนี้แสดงการประเมินสมรรถนะและการประเมินผลของ UTC(NIMT) ค่าเบี่ยงเบนทางเวลา UTC(NIMT) รักษาอยู่ภายใน 2 นาโนวินาทีเมื่อเทียบกับเวลา GPST โดยที่ค่าความเสถียรทางความถี่รักษาไว้น้อยกว่า 5×10^{-14} ต่อวัน

คำสำคัญ: ค่าความแตกต่างของนาฬิกา มาตรเวลา ค่าเอนเอียงทางเวลา ค่าความเสถียรทางเวลา เวลาระบบของดาวเทียม GPS

Abstract

The National Institute of Metrology Thailand (NIMT) time and frequency laboratory operates a national time scale for Thailand called Coordinated Universal Time kept at NIMT or UTC(NIMT). UTC(NIMT) is realised from three caesium atomic clocks. UTC(NIMT) is linked to UTC by observing precise timing signals from GPS navigation satellite using a GPS timing receiver. This timing receiver measures: (1) the time differences between UTC(NIMT) and satellite clock onboard and (2) the time differences between UTC(NIMT) and GPS system time. UTC(NIMT) is compared with approximately 400 atomic clocks operating by national timing laboratories around the world in order to produce UTC. This process is done by the International Bureau of weights and Measures (BIPM). This paper shows the performances and evaluations of UTC(NIMT). The time deviation of UTC(NIMT) is kept within 2 nanoseconds with respect to GPST, where as its frequency stability is maintained less than 5×10^{-14} per day.

Keywords: Clock offset, time scale, time bias, time stability, GPS system time

1. Introduction

The basis of civilian time keeping is the atomic time namely Coordinated Universal Time (UTC) and Global Positioning System time (GPST). The National Institute of Metrology Thailand (NIMT) maintains and disseminates Thailand Standard Time realised from the UTC kept at NIMT named UTC(NIMT).

Global Navigation Satellite System (GNSS) is used in the time comparisons for those clocks that are in remote distances. This technique is called time transfer. The result is the time synchronisation errors at each epoch. The atomic clocks around the world are compared using two main methods: (1) two-way time transfer using communication satellites and (2) one-way time transfer using GNSS.

This paper focuses on the GPS time observations at NIMT using the atomic clocks of the GPS satellites and GPST as references. The performance analysis of UTC(NIMT) includes (1) time offsets of UTC(NIMT) and UTC, (2) time accuracy and (3) time stability in order to determine the clock characteristics maintained at NIMT.

2. Atomic Time

(1) Atomic time systems. The atomic time is the uniform time scale on the Earth and is kept by atomic clocks. The UTC is generated by the Bureau of Weights and Measures (BIPM). The (1) clock information kept by each laboratory clocks and (2) GPST or time broadcasted from each satellite observed at the timing laboratories are gathered from around 400 clocks distributed in 70 laboratories worldwide. This clock information is used together with a set of primary frequency standard kept by around 11 timing institutes to establish the International Atomic Time (TAI) scale, in order to ensure that the time interval unit of TAI second is kept closed to one SI second. TAI is a continuous time scale and does not relate to the rotation of the Earth because the Earth's is rotating slower. The Earth Orientation Parameters (EOP) are collected by the International Earth Rotation Service (IERS). Leap second is added to the TAI time scale and produces the UTC. This makes TAI runs at the same rate with UTC where UTC is synchronised closely; not more than 0.9 seconds, with the time determined by the Earth's rotation (Teunissen PJG and Kleusberg A (Eds.), 1998). GPST is not adjusted to the leap second. Since June 2015, TAI is ahead of UTC by 36 seconds, Equation (1). The leap second was inserted on 30 June 2015 at UTC 23:59:60. TAI is ahead of GPST by 19 seconds, Equation (2). This is a constant number as both TAI and UTC is a continuous time scale. GPS is ahead of UTC by 17 seconds; Equation (1) – Equation (2), as shown in Equation (3). The relationship between TAI, UTC and GPST are specified as (BIPM, 2015):

$$\text{TAI-UTC} = 36 \text{ seconds} \quad (1)$$

$$\text{TAI-GPST} = 19 \text{ seconds} \quad (2)$$

$$\text{GPST-UTC} = 17 \text{ seconds} \quad (3)$$

(2) Atomic clock characteristics. The atomic clock maintained as UTC(NIMT) is connected to a GPS receiver. The time offsets between the clock that is connected at the GPS receiver and the satellite clocks can be directly monitored. The synchronisation error between the satellite clock and a reference time scale is provided in the navigation message. The characteristics of the sources of UTC(NIMT) are displayed in Table 1.

Table 1 Caesium atomic clock maintains as UTC(NIMT)

Characteristics	
Type of atomic clock	Caesium
Manufacturer	Symmetricom
Model	5071A
Option	High performance tube
Frequency outputs	5 MHz, 10 MHz, 1 PPS
Frequency signals	Sine
Load impedance	50 Ω
Accuracy	$\pm 5\times10^{-13}$
Stability (typical)	$\leq 5\times10^{-15}$

3. Measurement Settings

The initial setting on the GPS observations contains (1) measurement dates, (2) settings at the GPS receiver and (3) settings at the output files format conversion. The raw GPS observables are later converted into the format easily for clock offset analyses.

(1) Observation dates. Observation dates are 6 days starting from 20 to 25 October 2015. Equivalent dates are shown in Table 2.

Table 2 Observation dates and their equivalent dates

Date	GPS week, day of week	Year, day of year	Modified Julian Day
20 October 2015	1867 2	2015 293	5715
21 October 2015	1867 3	2015 294	5716
22 October 2015	1867 4	2015 295	5717
23 October 2015	1867 5	2015 296	5718
24 October 2015	1867 6	2015 297	5719
25 October 2015	1868 1	2015 298	5720

(2) NIMT station. The GPS receiver is installed at NIMT. This ground station information is as explained in Table 3.

Table 3 Station information at NIMT

Site identification	
Site name	NIMT
Data output format	RINEX
Date installed	30 September 2015
Monument foundation	Roof of the building
Site location information	

City or town	Thanyaburi
State or province	Pathumthani
Country	Thailand
Approximate position	
X coordinate (m)	-1150491.90
Y coordinate (m)	+6080851.44
Z coordinate (m)	+1537605.26
Frame	ITRF2008
Receiver information	
Receiver type	Trimble NetRS
Satellite system	GPS
Elevation cut-off setting	0 degree
Number of channels	12
Data collection	
Sampling time	30 seconds
Delays	
Internal delay	42.9 nanoseconds
Antenna cable delay	120 nanoseconds
Internal reference offset	7.1 nanoseconds

(3) GPS observables. The GPS observables from the receiver stated in Table 3 are in the standard RINEX files format both navigation message and observation files. Both files are inputs to be converted into the Common GPS GLONASS Time Transfer Standard format (CGGTTS) by using the BIPM conversion program named R2CGGTTS version 4.3. The station parameter settings have to initially set. The last converted data has to include 1 more observation data after the last day of observation date.

4. Data analyses

Data analyses comprise of (1) number of visible satellites, (2) clock offsets, (3) frequency stability and (4) time stability.

(1) Numbers of visible satellites. During the observation dates, the average number of visible satellites in one day is 11 satellites. Maximum and minimum number of satellites in view is 12 and 9 respectively. The average number of observed satellites each hour in a day during the observation dates from MJD 57315 to 57319 is shown in Figure 1.

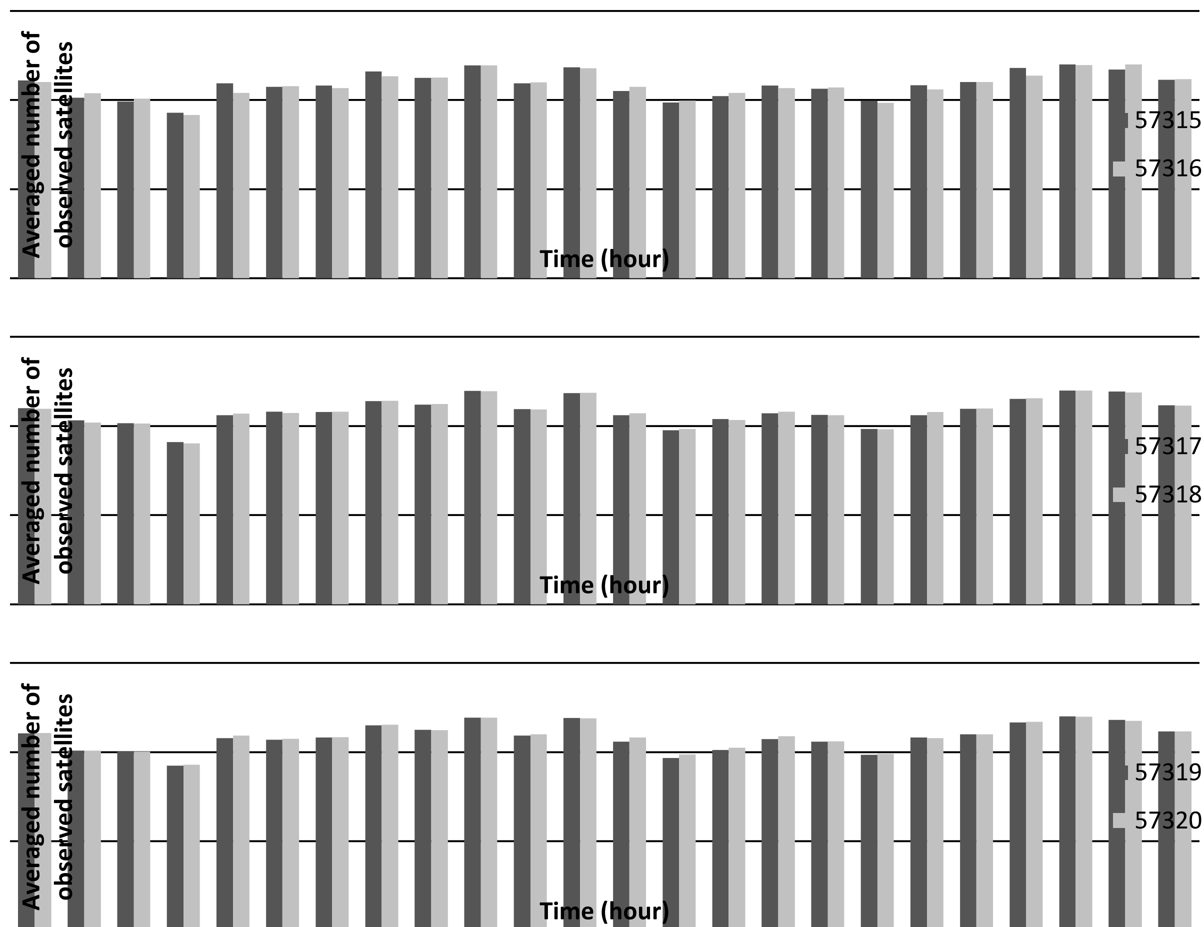


Figure 1 Average number of observed satellites in a day during the dates of observations

(2) Clock offsets. The clock offsets are determined by averaging the observed data in 1 hour. The clock offsets are determined in terms of average time offsets, ranges and frequency offsets.

The average time offset is averaging the observed time difference between UTC(NIMT) and GPST in 1 day. The range is the difference between the maximum and minimum time offsets during the hourly averaged time difference between the UTC(NIMT) and GPST in 1 day. The frequency offsets of the time difference between the UTC(NIMT) and GPST where the measurement period is 1 day and the time difference is computed from the hourly averaged observation data.

$$f(offset) = \frac{\Delta t}{T} \tag{4}$$

where

$f(offset)$ is the frequency offset (second/second),

Δt is the difference between time interval measurements (second),

T is the measurement period (second).

The computed results are as shown in Table 4.

Table 4 Time difference between UTC(NIMT) and GPST

Clock offset	MJD					
	57315	57316	57317	57318	57319	57320
Maximum (ns)	-199.82	-204.16	-202.87	-199.88	-199.59	-201.93
Minimum (ns)	-240.57	-250.67	-242.08	-237.41	-241.07	-255.00
Average (ns)	-220.98	-226.69	-221.15	-220.26	-221.20	-226.48
Range (ns)	40.75	46.51	39.21	37.53	41.48	53.07
Frequency offset (s/s)	4.72×10^{-13}	5.38×10^{-13}	4.54×10^{-13}	4.34×10^{-13}	4.80×10^{-13}	6.14×10^{-13}

The one hour average of time offsets between UTC(NIMT) and GPST during the observation days from MJD 57315 to MJD 57320 is displayed in Figure 2. The daily observation time differences are in the similar trend.

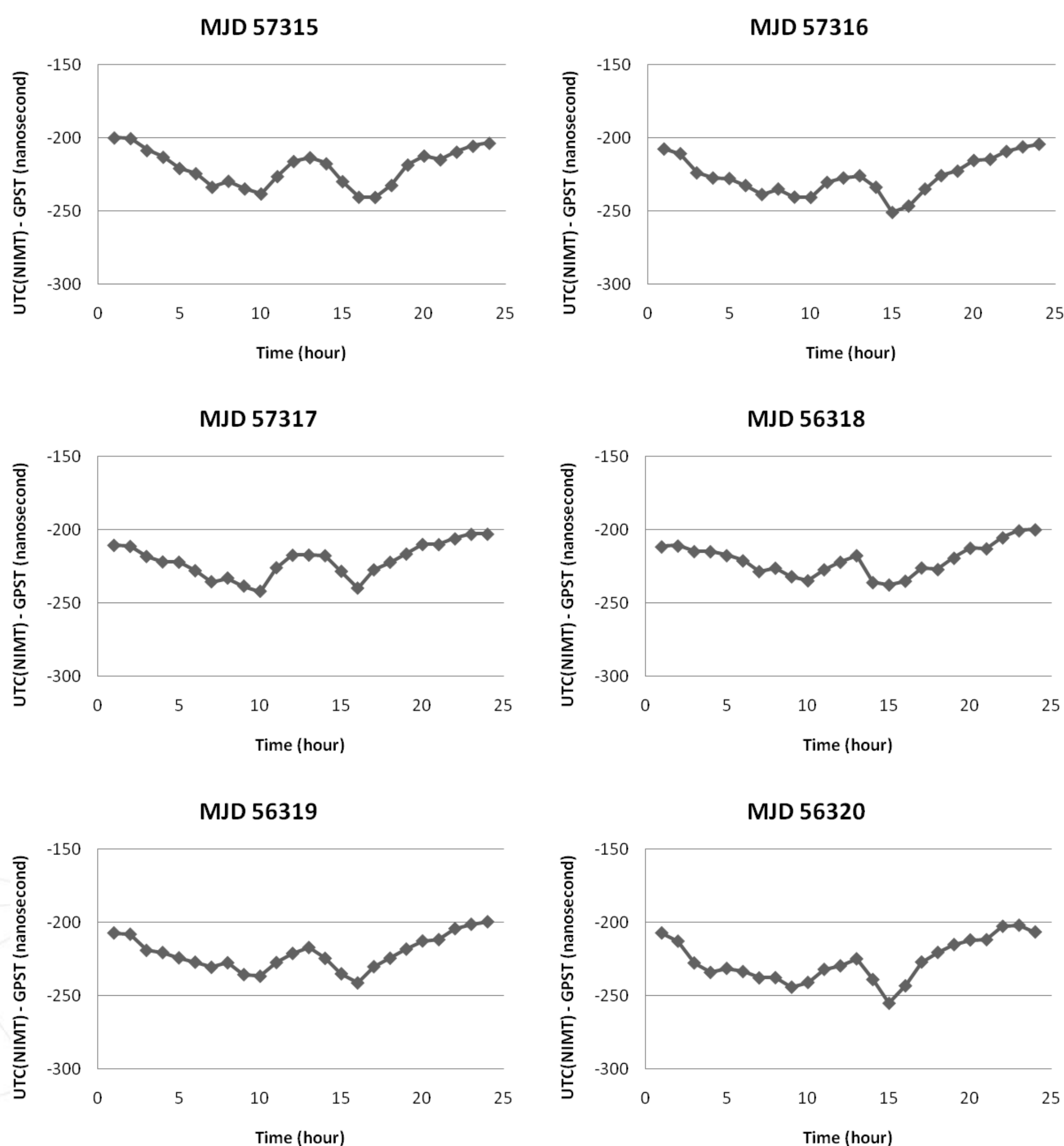


Figure 2 Time differences between UTC(NIMT) and GPST

(3) Frequency stability. The frequency stability is defined using Allan deviation specified as (Riley WJ, 2008).

$$\sigma(\tau)=\sqrt{\frac{1}{2(N-2)\tau^2}\sum_{i=1}^{N-2}[x_{i+2}-2x_{i+1}+x_i]^2} \qquad (5)$$

where

$\sigma(\tau)$ is the Allan deviation (second/second),

x_i is a series of phase measurements (second),

N is the number of values in the measurement series,

τ is the equally measurement space (second).

The frequency stabilities are as shown in Table 5.

Table 5 Allan deviation

Averaging time (minute)	Frequency stability on MJD 57315	57316	57317	57318	57319	57320
16	3.42×10^{-12}	3.36×10^{-12}	3.48×10^{-12}	3.33×10^{-12}	3.01×10^{-12}	3.36×10^{-12}
32	1.29×10^{-12}	1.40×10^{-12}	1.29×10^{-12}	1.09×10^{-12}	1.29×10^{-12}	1.54×10^{-12}
64	4.86×10^{-13}	5.37×10^{-13}	5.48×10^{-13}	4.80×10^{-13}	4.75×10^{-13}	5.41×10^{-13}
128	2.35×10^{-13}	2.23×10^{-13}	2.26×10^{-13}	1.72×10^{-13}	1.90×10^{-13}	2.50×10^{-13}
256	9.92×10^{-14}	7.15×10^{-14}	8.49×10^{-14}	5.53×10^{-14}	6.58×10^{-14}	7.45×10^{-14}
512	2.17×10^{-14}	2.95×10^{-14}	2.20×10^{-14}	2.41×10^{-14}	2.26×10^{-14}	3.29×10^{-14}

(4) Time stability. Time stability is characterised by the time deviation of a clock or distribution system. It is estimated based on the modified Allan variance for time error in time series. It is defined as (Riley WJ, 2008):

$$Mod\sigma^2(\tau)=\frac{1}{2m^2\tau^2(N-3m+1)}\sum_{j=1}^{N-3m+1}\left[\sum_{i=j}^{j+m-1}[x_{i+2m}-2x_{i+m}+x_i]\right]^2 \qquad (6)$$

where

$Mod\sigma(\tau)$ is the modified Allan deviation (second/second),

x_i is a series of phase measurements (second),

N is number of time measurements,

m is the averaging factor where $\tau=m\tau_0$,

τ is the averaging time (second).

Time deviation is defined as:

$$\sigma(\tau) = \frac{\tau}{\sqrt{3}} \cdot Mod\sigma(\tau)$$

(7)

where

$\sigma(\tau)$ is the time deviation (second),

$Mod\sigma(\tau)$ is the modified Allan deviation (second/second),

τ is the averaging time (second).

The time stabilities are as shown in Table 6.

Table 6 Time deviation

Averaging time	Time stability (nanosecond) on MJD					
(minute)	57315	57316	57317	57318	57319	57320
16	1.90	1.86	1.93	1.85	1.67	1.86
32	1.43	1.56	1.43	1.21	1.43	1.71
64	1.08	1.19	1.22	1.06	1.05	1.20
128	1.04	0.99	1.00	0.76	0.84	1.11
256	0.44	0.32	0.38	0.25	0.29	0.33
512	0.10	0.13	0.10	0.11	0.10	0.15

During the observation dates, the time deviation is not more than 2 nanoseconds in each observation epoch. The time deviation is lesser when the observation time is longer.

5. Conclusions

The characteristics of UTC(NIMT) with respect to GPST is monitored by connecting the frequency standard realised as UTC(NIMT) to a geodetic receiver. The observation data in standard RINEX is then converted to a standard CGGTTS for clock comparisons and clock characteristics determination. The time differences between UTC(NIMT) and GPST are measured and analyses. The observation sampling time is 30 seconds. The analysis is based on 1 hour and 1 day. The clock characteristics of UTC(NIMT) compared to GPST is determined in terms of mean time offsets and its frequency offsets. The clock quality is measured both frequency stability and time stability.

Acknowledgements

Authors thank NIMT staff especially Choosak Chuasai, Burapat Hanpirodom, Praman Chanraksa and Rattapon Kongchana for their hard excellent effort on making the station on the roof.

References

BIPM (2015) Circular T 334, Retrieved 20 November 2015, from: http://www.bipm.org/jsp/en/TimeFtp.jsp?TypePub=publication.

Riley WJ (2008) *NIST special Publication 1065 Handbook of Frequency Stability Analysis*, US government printing office, Washington.

Teunissen PJG and Kleusberg A (Eds.) (1998) *GPS for geodesy*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2nd edition.

การประเมินค่าความถูกต้องในการทำจุดควบคุมภาคพื้นดินด้วยวิธีสถิตอย่างรวดเร็วกับการประมวลผลออนไลน์การหาตำแหน่งจุดเดี่ยวความละเอียดสูง

Accuracy Assessment for Ground Control Points Establishment by Rapid-Static and Online Precise Point Positioning Processing

นิติ เธียรถาวร, ธนิดา เทียวพานิช และ เฉลิมชนม์ สถิระพจน์

Niti Theantavorn, Thanida Taewpanich and Chalermchon Satirapod

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

120 ศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ (อาคาร B) ถ. แจ้งวัฒนะ หลักสี่ กรุงเทพฯ 10210

โทรศัพท์ 02-141-4592 โทรสาร 02-143-959 e-mail: niti@gistda.or.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีการใช้งานประมวลผลข้อมูล GNSS แบบออนไลน์ Precise Point Positioning (PPP) อย่างแพร่หลาย เนื่องจากใช้งานง่ายและเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ ผู้ใช้สามารถใช้แค่เครื่องรับสัญญาณ GNSS เครื่องเดียวก็สามารถทำงานได้ โดยไม่จำเป็นต้องตั้งสถานีอ้างอิงเองและผู้ใช้ไม่จำเป็นมีความรู้ในการประมวลผลมากมายเพราะไม่ต้องใช้โปรแกรมสำหรับการประมวลผลข้อมูล ต่างจากการสำรวจรังวัดด้วยวิธีการ Rapid-static ที่จำเป็นต้องใช้เครื่องรับสัญญาณ GNSS อย่างน้อยสองเครื่องขึ้นไป โดยต้องมีเครื่องเป็นสถานีอ้างอิง หรือข้อมูลจากสถานี CORS ซึ่งยังไม่ครอบคลุมในประเทศไทย นอกจากนี้ผู้ใช้ต้องมีความรู้ในการประมวลผลและยังจำเป็นต้องใช้โปรแกรมในการประมวลผลข้อมูลอีกด้วย ทั้งหมดนี้จึงทำให้ค่าใช้จ่ายสำหรับการรังวัดด้วยวิธีการ Rapid-static มีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่า Precise Point Positioning (PPP) เป็นอย่างมาก อีกสิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญในการสำรวจรังวัดคือค่าความถูกต้องทางตำแหน่งของจุดสำรวจ ในบทความนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของข้อมูลการสำรวจรังวัดด้วยวิธีการ Rapid-static กับ Precise Point Positioning (PPP) โดยทำการสำรวจบริเวณ อ.อู่ทอง จ.สุพรรณบุรี ในสภาพพื้นที่แตกต่างกัน 33 จุด เป็นเวลาจุดละ 2 ชั่วโมง แล้วทำการส่งประมวลผลออนไลน์กับ CSRS-PPP ส่วนวิธีการ Rapid-static มีการตั้งสถานีอ้างอิงรับสัญญาณพร้อมจุดสำรวจทั้ง 33 จุด แล้วนำข้อมูลจากสถานีอ้างอิงไปประมวลผลออนไลน์กับ CSRS-PPP แล้วนำค่าพิกัดที่ได้มาประมวลผลแบบ Single Baseline กับจุดสำรวจทั้ง 33 จุดนั้น ผลที่ได้ปรากฏว่าผลต่างค่าพิกัดของทั้งสองวิธีคือ ทางราบค่าเฉลี่ย 3.1 เซนติเมตร สูงสุดอยู่ที่ 5.9 เซนติเมตร และมีค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานที่ 1.5 เซนติเมตร จากการศึกษาสรุปได้ว่าวิธี Rapid-static และวิธี Precise Point Positioning (PPP) สามารถใช้ทดแทนกันได้ในงานที่ไม่ต้องการความถูกต้องสูงกว่า 10 เซนติเมตร เช่น การทำจุดควบคุมภาคพื้นดินสำหรับภาพถ่ายทางอากาศ ภาพถ่ายดาวเทียม หรือภาพถ่ายจาก UAV ที่มีรายละเอียดของภาพมากกว่า 10 เซนติเมตร

คำสำคัญ : การประมวลผล GNSS แบบออนไลน์, การหาตำแหน่งจุดเดี่ยวความละเอียดสูง, การรังวัดแบบสถิตอย่างรวดเร็ว, CSRS-PPP

Abstract

At present, online Precise Point Positioning processing (PPP) is widely used for processing GNSS data conveniently and efficiently. Users do not have to install their own base receiver and need no skill in processing or any software, online Precise Point Positioning processing (PPP) just only need one GNSS receiver for the entire process. To compare with Rapid-static technique which need at least two GNSS receivers, one for base station or they need data from CORS which are not covered entire area of Thailand. Nevertheless, users must have software and skill for data processing. These make cost for Rapid-static technique more than online Precise Point Positioning processing (PPP). One important thing in GNSS survey is

the accuracy of survey points. This research purposes to study and compare the results of ground control point between Rapid-static and online Precise Point Positioning processing (PPP). The researching area is Amphoe Uthong Supanburi Province with different 33 points, each point we activate GNSS receiver for 2 hours. The acquired data was sent to online processing with CSRS-PPP. For Rapid-static, we establish one base station signals at the same time of 33 survey points and send the data from base to CSRS-PPP for online processing after that the 33 survey points were processed according to the base with Single Baseline method. The differences of the results from two techniques have average at 3.1 centimeters, max at 5.9 centimeters and standard derivation at 1.5 centimeter. From this results, GNSS surveys which do not require accuracy less than 10 centimeters can be used either Rapid-static or Precise Point Positioning (PPP) technique. For example, establishing Ground Control Points for aerial, satellite or Unmanned Aerial Vehicle (UAV) images have resolution more than 10 centimeters.

Keyword : Online GNSS Processing, Precise Point Positioning, Rapid-static, CSRS-PPP

1. บทนำ

การสำรวจรังวัดด้วย GNSS ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ค่าพิกัดที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้นและลดค่าใช้จ่ายในการทำการสำรวจ การประมวลผลข้อมูล GNSS แบบออนไลน์ Precise Point Positioning (PPP) ถูกนำมาให้บริการและมีการใช้งานที่แพร่หลายขึ้นเรื่อยๆ เช่น The Canadian Spatial Reference System (CSRS) เพราะมีความสะดวกอย่างมาก ใช้เครื่องรับสัญญาณ GNSS เครื่องเดียวก็สามารถให้ค่าความถูกต้องที่สูงได้ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการสำรวจรังวัดด้วยวิธี Rapid-static ที่ต้องใช้เครื่องรับสัญญาณ GNSS เครื่องหนึ่งเป็นสถานีฐาน (Base Station) และอีกเครื่องใช้เป็นสถานีเคลื่อนที่ (Rover Station) และยิ่งสถานีฐานกับสถานีเคลื่อนที่ห่างกันก็ยิ่งทำให้ค่าความถูกต้องลดลงตาม

การรังวัดแบบสัมบูรณ์ เป็นการรังวัดโดยใช้เครื่องรับสัญญาดาวเทียมเพียงเครื่องเดียวในการรับสัญญาณหาพิกัดตำแหน่งทันที ซึ่งเป็นการวัดแบบ pseudoranges ของ ดาวเทียมนำทาง 4 ดวงหรือมากกว่า เพื่อหาตำแหน่งที่ผู้ใช้ต้องการ การรับสัญญาณดาวเทียมอย่างน้องสี่ดวงนั้น เพื่อแก้ค่าพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า 4 ตัว ค่าความถูกต้องของการรังวัดแบบสัมบูรณ์นั้นจะให้ค่าความถูกต้องประมาณ 10-20 เมตร จะเห็นว่าเป็นวิธีการที่ง่ายในการรับสัญญาณและได้ค่าพิกัดทางตำแหน่งทันที แต่ค่าความถูกต้องไม่สูงมากนัก ต่อมาจึงได้มีการนำเอาวิธีการนี้มาพัฒนาให้มีค่าความถูกต้องที่สูงขึ้นเรียกว่า Precise Point Positioning (PPP)

เนื่องจากสถานีอ้างอิง (CORS) ที่มีกระจายอยู่ทั่วโลกนั้น ช่วยการแก้ไขค่าความแม่นยำของดาวเทียม (precise satellite correction) โดยใช้ค่าแก้เหล่านี้กับเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมเครื่องเดียวจะทำให้การหาพิกัดตำแหน่งมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น การรังวัดแบบ ppp ขจัดปัญหาในเรื่องการตั้งรับสัญญาณสถานีอ้างอิงเอง ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการตั้งรับสถานีอ้างอิงเอง รวมทั้งเป็นกระบวนการที่ง่าย และให้ความถูกต้องทางตำแหน่งสูง การรังวัด ppp จะใช้ค่า un-differenced pseudorange and carrier phase observations ร่วมกับ ค่าความถูกต้องของวงโคจรดาวเทียมและนาฬิกาดาวเทียมของ International GNSS Service (IGS) ซึ่งจะขจัดสาเหตุความคลาดเคลื่อนจาก วงโคจรดาวเทียมและนาฬิกาดาวเทียม ออกไป

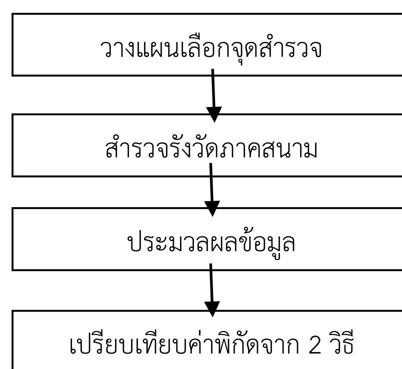
การรังวัดหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์ เป็นเทคนิคการรังวัดที่ให้ความถูกต้องทางตำแหน่งสูง สามารถให้ค่าความถูกต้องในระดับเซนติเมตร การรังวัดหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์จะทำการรับสัญญาณดาวเทียมพร้อมกันจากเครื่องรับสัญญาณมากกว่าหนึ่งตัว หนึ่งในนั้นจะทำหน้าที่เป็นสถานีอ้างอิงที่รู้ค่าตำแหน่งแล้ว ส่วนเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมอีกตัวจะทำหน้าที่เป็นสถานี rover ซึ่งเป็นสถานีที่ไม่ทราบค่าตำแหน่ง โดยเครื่องรับสัญญาณนี้จะรับสัญญาณดาวเทียมนำทางชุดเดียวกันพร้อมกันอย่างน้อย สี่ดวง การคำนวณ สถานี rover จะคำนวณค่าตำแหน่งสัมพันธ์กับสถานีอ้างอิง โดยใช้ การรังวัด carrier phase ที่แตกต่างกัน การวัดความแตกต่างระหว่างสองสถานี จะปรับแก้ค่าความคลาดกันบางชนิดออกไป เช่น satellite orbit bias,

satellite clock bias, ionospheric and tropospheric delays เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม ข้อเสียของการรังวัดประเภทนี้ ความถูกต้องและประสิทธิภาพก็ขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างสองสถานี ถ้าระยะระหว่างสองสถานีมีความห่างกันมาก ค่าความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งก็จะมากไปด้วย

วิธีการรังวัดตำแหน่งแบบสัมพัทธ์ สามารถรังวัดได้หลายประเภท เช่น Static mode, Rapid-static mode, Real-time kinematic หรือ RTK เป็นต้น ในการวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะ Rapid-static ซึ่งการตั้งรับสัญญาณดาวเทียมวิธีนี้จะใช้เวลาในการรับสัญญาณ ประมาณ 15-30 นาที ซึ่งระยะเวลาขึ้นอยู่กับว่า ผู้ใช้ต้องการความถูกต้องทางตำแหน่งสูงแค่ไหน โดยสามารถให้ค่าความถูกต้องในระดับ เซนติเมตร ถึง ระดับเมตร วิธีการรังวัดแบบ Rapid-static เป็นที่นิยมนำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย บทความนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาและเปรียบเทียบค่าพิกัดที่ได้จากวิธีการ Precise Point Positioning (PPP) และ วิธีการ Rapid-static จากการสภาพการทำงานจริงของการทำจุดควบคุมภาคพื้นดิน

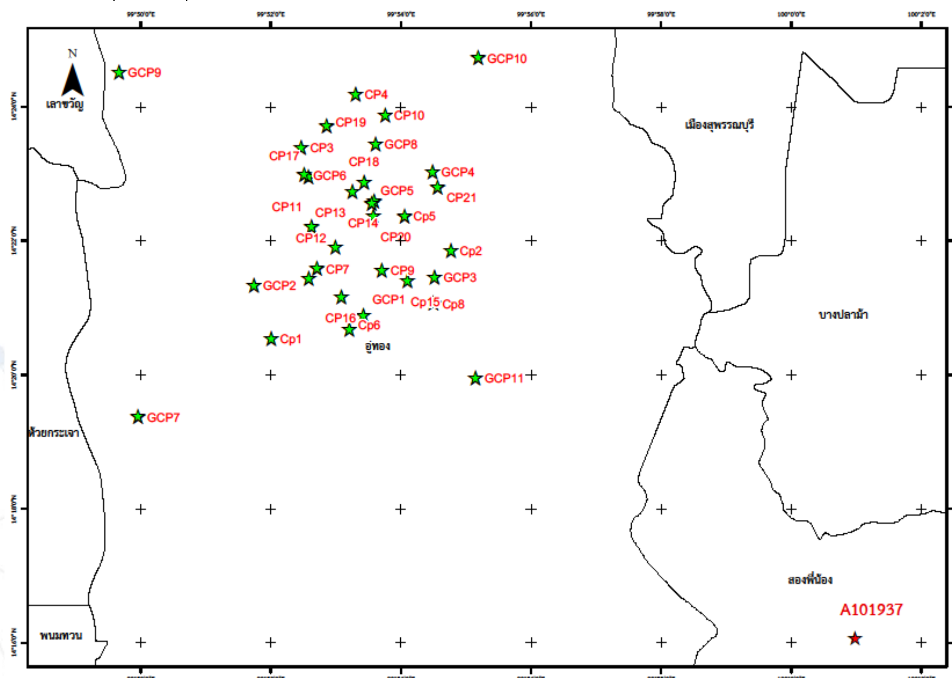
2. วิธีการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยมีดังนี้



ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการการดำเนินงานวิจัย

2.1 วางแผนเลือกจุดสำรวจ จำนวน 33 จุดสำรวจ อยู่ในพื้นที่ อ.อู่ทอง จ.สุพรรณบุรี โดยเลือกจุดสำรวจและสถานีฐานจำลองจากการทำจุดควบคุมภาคพื้นดิน ตามภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนที่แสดงตำแหน่งสถานีฐาน และจุดสำรวจ

2.2 การสำรวจรังวัดภาคสนาม

2.2.1 เปิดเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมโดยรับสัญญาณดาวเทียมระบบ GPS และ GLONASS ตำแหน่งสถานีฐาน (Base Station) ตลอดการทำงานในแต่ละวัน

2.2.2 เปิดเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมที่จุดสำรวจแต่ละจุดใช้เวลา 2 ชั่วโมง และจัดทำรายงานภาคสนาม

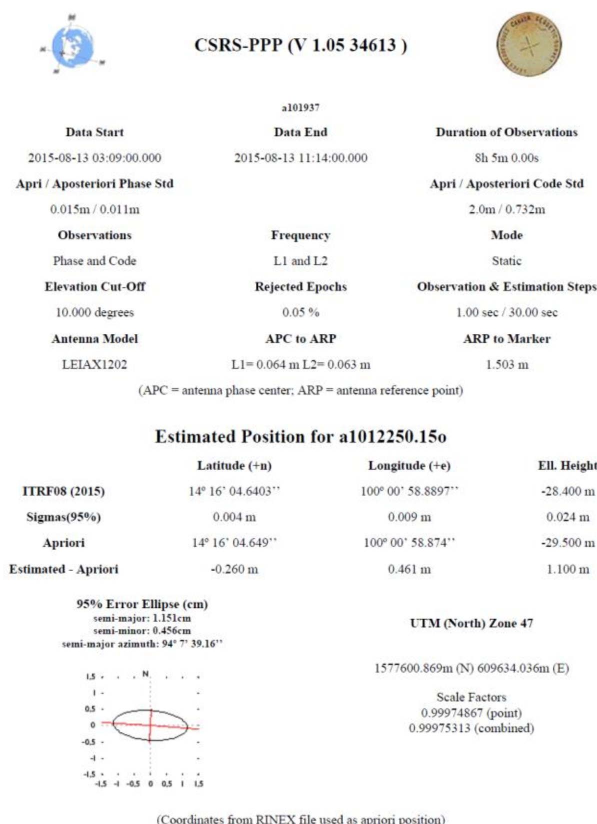


ภาพที่ 3 แสดงตัวอย่างการสำรวจรังวัดรับสัญญาณดาวเทียม

2.3 การประมวลผลแบ่งเป็น 2 คือ วิธี PPP และ วิธี Rapid-static

2.3.1 การประมวลผล วิธี PPP

ส่งข้อมูลการรับสัญญาณดาวเทียมของทุกจุดที่ทำการสำรวจในรูปแบบไฟล์ RINEX ไปยังเวปไซต์ประมวลผล GNSS แบบออนไลน์ ของ CSRS-PPP ในการประมวลผลแบบ PPP ผลที่ได้จากการประมวลผลแสดงดังภาพที่ 4



CSRS-PPP (V 1.05 34613)

a101937

Data Start	**Data End**	**Duration of Observations**
2015-08-13 03:09:00.000	2015-08-13 11:14:00.000	8h 5m 0.00s
Apri / Aposteriori Phase Std		**Apri / Aposteriori Code Std**
0.015m / 0.011m		2.0m / 0.732m
Observations	**Frequency**	**Mode**
Phase and Code	L1 and L2	Static
Elevation Cut-Off	**Rejected Epochs**	**Observation & Estimation Steps**
10.000 degrees	0.05 %	1.00 sec / 30.00 sec
Antenna Model	**APC to ARP**	**ARP to Marker**
LEIAX1202	L1= 0.064 m L2= 0.063 m	1.503 m

(APC = antenna phase center; ARP = antenna reference point)

Estimated Position for a1012250.15o

	Latitude (+n)	Longitude (+e)	Ell. Height
ITRF08 (2015)	14° 16' 04.6403''	100° 00' 58.8897''	-28.400 m
Sigmas(95%)	0.004 m	0.009 m	0.024 m
Apriori	14° 16' 04.649''	100° 00' 58.874''	-29.500 m
Estimated - Apriori	-0.260 m	0.461 m	1.100 m

95% Error Ellipse (cm)
semi-major: 1.151cm
semi-minor: 0.456cm
semi-major azimuth: 94° 7' 39.16''

UTM (North) Zone 47

1577600.869m (N) 609634.036m (E)

Scale Factors
0.99974867 (point)
0.99975313 (combined)

(Coordinates from RINEX file used as apriori position)

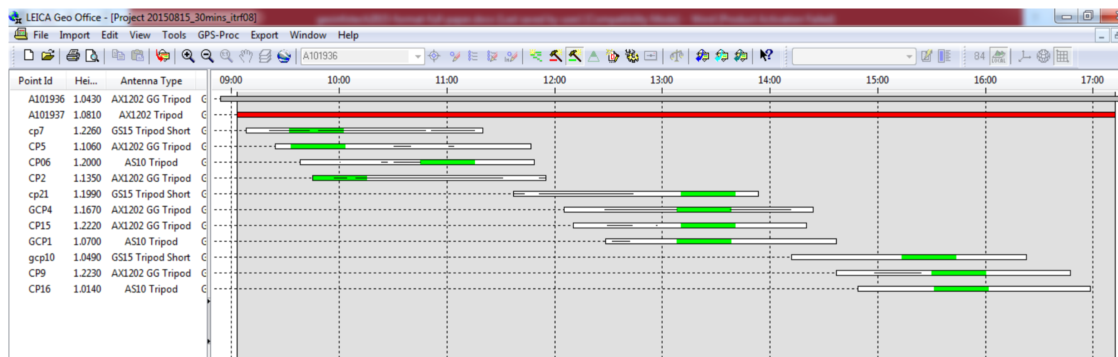
ภาพที่ 4 แสดงตัวอย่างผลการประมวลผล GNSS แบบออนไลน์จาก CSRS

2.3.2 การประมวลผล วิธี Rapid-static

2.3.2.1 ส่งข้อมูลการรับสัญญาณดาวเทียมของสถานีฐาน (Base Station) ในรูปแบบไฟล์ RINEX ไปยังเวปไซด์ประมวลผล GNSS แบบออนไลน์ ของ CSRS-PPP

2.3.2.2 ตัดสัญญาณข้อมูลการรับสัญญาณดาวเทียมที่จุดสำรวจ ให้เหลือ 30 นาที โดยเลือกช่วงเวลาที่ค่า DOP ไม่เกิน 8

2.3.2.3 ประมวลผลข้อมูลการรับสัญญาณดาวเทียมแบบ Single Baseline ในข้อ 3.3.2.2 เป็นสถานีเคลื่อนที่ (Rover Station) โดยใช้ค่าพิกัดที่ได้จากการประมวลผลออนไลน์ข้อ 3.3.2.1 เป็นค่าของสถานีฐาน (Base Station)



ภาพที่ 5 แสดงตัวอย่างการประมวลผลด้วยโปรแกรม Leica Geo Office

2.4 เปรียบเทียบค่าพิกัดแต่ละจุดสำรวจที่ได้จากการประมวลผลทั้ง 2 วิธี

3. ผลการวิจัย

จากการสำรวจรังวัดด้วยการรับสัญญาณดาวเทียมและประมวลผลสัญญาณทั้งแบบ PPP และ Rapid-static เมื่อนำค่าพิกัดที่ได้จากทั้ง 2 วิธีดังกล่าวแต่ละจุดสำรวจมาเปรียบเทียบจะได้ผลลัพธ์ตามตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าพิกัดที่ได้จากการประมวลผลแบบ PPP และแบบ Rapid-static

จุดสำรวจ	ค่าความต่าง ทางราบ (m)	ค่าความต่าง ทางดิ่ง (m)	จุดสำรวจ	ค่าความต่าง ทางราบ (m)	ค่าความต่าง ทางดิ่ง (m)
CP01	0.0566	0.2336	CP18	0.0268	0.1329
CP02	0.0329	0.0029	CP19	0.0120	0.0729
CP03	0.0478	0.1031	CP20	0.0392	0.0569
CP04	0.0371	0.0303	CP21	0.0269	0.0166
CP05	0.0148	0.0148	GCP01	0.0230	0.0064
CP06	0.0383	0.0267	GCP02	0.0235	0.1561
CP07	0.0272	0.0270	GCP03	0.0430	0.0737
CP08	0.0374	0.0085	GCP04	0.0472	0.0357
CP09	0.0331	0.0775	GCP05	0.0163	0.1493
CP10	0.0166	0.0954	GCP06	0.0536	0.0570
CP11	0.0123	0.0372	GCP07	0.0015	0.0632
CP12	0.0239	0.1107	GCP08	0.0198	0.0528
CP13	0.0587	0.3385	GCP09	0.0454	0.0722
CP14	0.0575	0.0866	GCP10	0.0112	0.0569
CP15	0.0354	0.0046	GCP11	0.0306	0.0844
CP16	0.0314	0.0844	GCP12	0.0204	0.0845
CP17	0.0264	0.0460			

ตารางที่ 2 แสดงค่าทางสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบค่าพิกัดการประมวลผลข้อมูลแบบ PPP และแบบ Rapid-static

	ค่าความต่างทางราบ (m)	ค่าความต่างทางดิ่ง (m)
Min	0.0015	0.0029
Max	0.0587	0.3385
Mean	0.0311	0.0757
S.D.	0.0147	0.0688

จากตารางที่ 1 และ 2 ความแตกต่างทางราบอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.2 เซนติเมตรจนถึง 5.9 เซนติเมตร โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.1 เซนติเมตร และค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานอยู่ที่ 1.5 เซนติเมตร ส่วนความแตกต่างทางดิ่งอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.3 เซนติเมตรถึง 33.9 เซนติเมตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.6 เซนติเมตร และค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 6.9 เซนติเมตร และจากการนำค่าความต่างทางราบและทางดิ่งมาหาความสัมพันธ์กันด้วย Correlation ได้ค่าเท่ากับ 0.3276

4. วิจารณ์ผลและสรุปผล

จากการเปรียบเทียบค่าพิกัดที่ได้จากการประมวลผลแบบ PPP และแบบ Rapid-static ค่าเฉลี่ยค่าต่างทางราบคือ 3.1 เซนติเมตร โดยมีค่าความต่างสูงสุดอยู่ที่ 5.8 เซนติเมตร ซึ่งมีการกระจายตัวที่ค่อนข้างน้อย ส่วนค่าเฉลี่ยค่าต่างทางดิ่งถึงแม้จะมีแค่ 7.5 เซนติเมตร แต่มีค่าความต่างสูงสุดถึง 33.9 เซนติเมตร ซึ่งมีการกระจายตัวที่สูงและมีจุดสำรวจที่ค่าเกินทางดิ่งเกิน 10 เซนติเมตร ถึง 7 จุด และจากค่า Correlation เท่ากับ 0.3276 จะได้ว่าค่าต่างราบกับทางดิ่งไม่ได้มีความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญกัน ซึ่งมีความจำเป็นในการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป จากผลดังกล่าวข้างต้นการสำรวจรังวัดค่าพิกัดในงานต่างๆ ที่ไม่ต้องการรายละเอียดทางราบต่ำกว่า 10 เซนติเมตร เช่น การทำจุดควบคุมภาพถ่ายดาวเทียมหรือภาพถ่ายทางอากาศที่มีรายละเอียดภาพไม่ถึง 10 เซนติเมตร สามารถใช้วิธีการแบบ PPP ทดแทนวิธีการ Rapid-static เพื่อเพิ่มความสะดวกในการสำรวจรังวัด และลดการตั้งสถานีอ้างอิงด้วยตัวเอง

5. ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยนี้ได้ศึกษาการประมวลผล GNSS แบบออนไลน์แค่เพียงเวปไซต์เดียวเท่านั้น ยังมีเวปไซต์ที่ให้การประมวลผลข้อมูล GNSS แบบออนไลน์อีกหลายแห่ง เช่น Auto-GIPSY ของ JPL และ OPUS ของ National Geodetic Survey เป็นต้น การเปรียบเทียบนี้ทำบนพื้นหลักฐาน ITRF08 (2015) มาจากการประมวลผล GNSS แบบออนไลน์ การอ้างอิงหมุดหลักฐานที่มีของประเทศไทยอาจมีการใช้พื้นหลักฐานที่ต่างกันเช่น หมุดหลักฐานของกระทรวงเกษตรฯ ซึ่งอยู่บนพื้นหลักฐาน Indean 1975 หรือ WGS84 ซึ่งต้องระมัดระวังในการศึกษาหรือนำไปใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

M. Abd-Elazeem, A. Farah, and F. Farrag. (2011) Assessment study of using online (CSRS) GPS-PPP Service for mapping applications in Egypt. **Journal of Geodetic Science**, vol. 1, 233-239.

M. Soycan and E. Ata.(2011) Precise point positioning versus traditional solution for GNSS networks. **Scientific Research and Essays**, vol. 6, 799-808.

P. Wielgosz, D. GREJNER-BRZEZINSKA, and I. Kashani.(2005) High-Accuracy DGPS and Precise Point Positioning Based on Ohio CORS Network. **Navigation**, vol. 52, 23-28.

การประยุกต์ใช้ RTK-GNSS ร่วมกับการประมวลผลภาพจากภาพถ่ายทางอากาศเพื่อประเมินปริมาณการผลิตแร่จากหน้าเหมือง

Anapplication of RTK-GNSS with Aerial Photo Images for Mineral Production Estimation

ชาตินัยชูสาย[1],อนุชิต สุขเจริญพงศ์[1] และ ขวัญชัยพรหมณะ[2]

ChatinaiChusai[1], AnuchitSukcharoenpong[1] and Kwanchai Promna[2]

[1]กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, ถ.พระราม 6, ราชเทวี, กรุงเทพฯ 10400

[2]บริษัท เออีซี-เอ็มบีไอ (ประเทศไทย) จำกัด, 291/40 ม.8 สุรศักดิ์, ศรีราชา, ชลบุรี 20110

โทรศัพท์ 02-202-3895 โทรสาร 02-202-3895e-mail: chatinai@dpim.go.th

บทคัดย่อ

การประเมินปริมาณการผลิตแร่เพื่อเรียกเก็บค่าภาคหลวงแร่ในปัจจุบันจะใช้เกณฑ์ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการบดแร่และสอบทานด้วยวิธีการรังวัดปริมาตรแร่ที่หายไปจากหน้าเหมือง ซึ่งสิ้นเปลืองบุคคลากรในการทำรังวัดและประมวลผลรวมถึงงบประมาณและเวลาที่ใช้ในการดำเนินการ ดังนั้นเพื่อทดแทนกระบวนงานรังวัดดังกล่าวกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ร่วมกับบริษัท เออีซี-เอ็มบีไอ (ประเทศไทย) จำกัดจึงได้ใช้การรังวัดด้วยระบบดาวเทียมจากอุปกรณ์ RTK-GNSS ร่วมกับการประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศจากอุปกรณ์ Multirotor Droneด้วยวิธี Photogrammetry จากพื้นที่ทดลองหมู่เหมืองเขาเชิงเทียน จังหวัดชลบุรี พบว่าการเก็บพิกัดจุดอ้างอิงด้วย RTK-GNSS สำหรับทั้งบ่อเหมืองด้วยจำนวนจุดพิกัดกว่า 500 จุดเสร็จสิ้นใน 1 วัน โดยทำการทดสอบที่เขาเชิงเทียน จำนวน 3 ครั้ง ในช่วงระยะเวลา 1 เดือน (ส.ค.58-ก.ย.58) และสามารถนำจุดพิกัดอ้างอิงที่ได้จาก RTK-GNSS มากำหนดระนาบสำหรับการประมวลผลภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความแม่นยำในการคำนวณพิกัด และเปรียบเทียบจุดพิกัดระหว่าง RTK-GNSS และ Photogrammetry ด้วยตัวแปรทางสถิติ พบว่าให้ค่าระดับความสูงที่ใกล้เคียงกันโดยมีค่าความแตกต่างเฉลี่ย (Mean Difference) ประมาณ 2-3 เซ็นติเมตรมีค่า Root Mean Square Difference สำหรับค่าระดับความสูงที่จุดพิกัดเดียวกันประมาณ 13-14 เซนติเมตร โดยมีค่าการวิเคราะห์ความถดถอยประมาณ 1.004-1.009 และมีสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์เป็น 1 ในทุกการทดสอบ จึงสามารถสรุปได้ว่าการประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศด้วยวิธี Photogrammetry ที่มีการยึดตรึงพิกัดอ้างอิงด้วยผลการรังวัดจากอุปกรณ์ RTK-GNSS ให้ค่าความแม่นยำของผลการประมวลผลพิกัดภาพใกล้เคียงกับการรังวัดด้วยอุปกรณ์ RTK-GNSS แต่มีจำนวนจุดประมวลผลภาพมากกว่าและให้ความสมจริงของข้อมูลใกล้เคียงกับภูมิประเทศจริง จากนั้นจึงนำข้อมูลจุดประมวลผลภาพที่ได้จากวิธี Photogrammetry มาขึ้นรูปภูมิประเทศสำหรับบ่อเหมืองด้วยโปรแกรมประยุกต์ SURPAC จากแต่ละช่วงเวลาแล้วคำนวณค่าปริมาตรหินที่หายไปจากการทำเหมืองในช่วงระยะเวลา 1 เดือนพบว่าสามารถทดแทนกระบวนงานรังวัดตามปกติโดยมีค่าความแตกต่างของผลการคำนวณปริมาตรน้อยกว่า 2% แต่มีความสะดวก รวดเร็ว และใช้งบประมาณในการดำเนินการแต่ละครั้งต่ำกว่า จึงควรมีการนำมาใช้ในการปฏิบัติงานต่อไป

คำสำคัญ: RTK-GNSS, Photogrammetry, Multirotor Drone, Mineral Production, กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่

ABSTRACT

Mineral production evaluation for a royalty collection is assessed from energy consumption for mineral crushing. Then, a correction for the royalty collection is made by mine surveying. This process is staffs, budget, and time consuming. Therefore, The Department of Primary Industries and Mines (DPIM) with collaboration from the AEC-MBI (Thailand) employed RTK-GNSS and

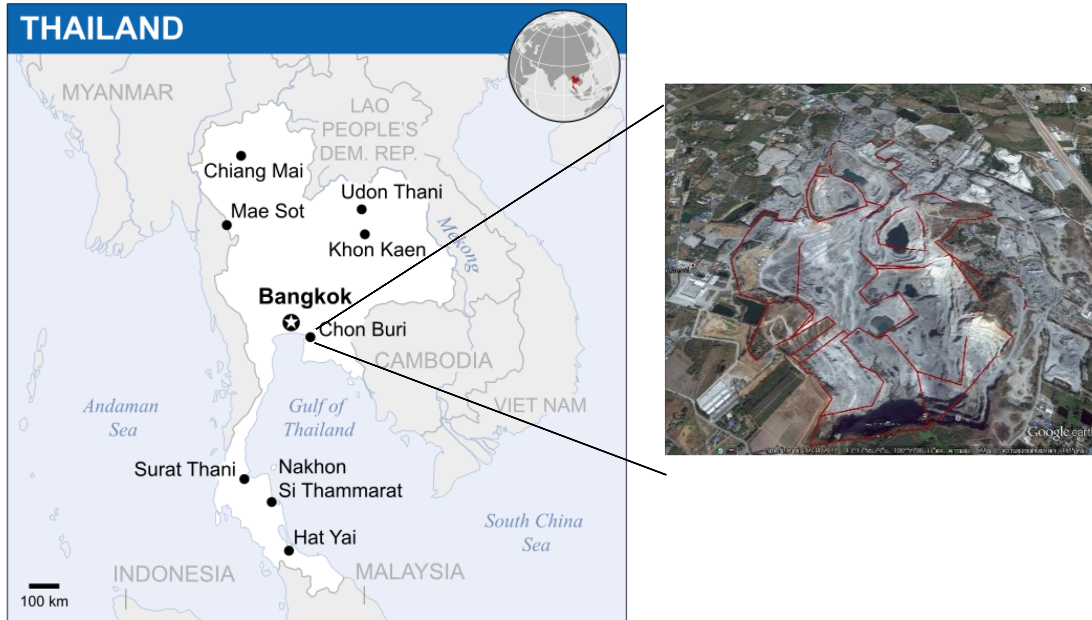
photogrammetry from aerial photo images from multirotor drone to assess mineral production from a target area (Chiengtien Mining Area in Chonburi). It was found that a number of 500 sampling points was collected within 1 day using RTK-GNSS for theChiengtien Mining Area (3 times during Aug-Sep 2015). The locations of marking points from RTK-GNSS were used as control points in photogrammetry. The elevations between RTK-GNSS and photogrammetry for each location were compared using statistical metrics. The results revealed that mean difference was between 2-3 cm, root mean square difference was between 13-14 cm, linear regression was between 1.004-1.009, and correlation coefficient was a unity from each examination. Therefore, the photogrammetry method utilizing control points from RTK-GNSS is able to provideaccurate surveying results which are comparable totopographic surveying using RTK-GNSS. In addition, the photogrammetry method can produce more surveying points (depending on camera's specification) and more realistic data. Later, the data points obtained from the photogrammetry methodwere used to evaluate mineral production from 2 periods of time with an interval of 1 month using SURPAC (Mining Design Software). Mineral removal results which were calculated from data points using photogrammetry show only 2% difference from those data obtaining from direct surveying. Thus, implementation of the photogrammetry with RTK-GNSS method could replace the conventional surveying method to save time and budget for mineral production estimation.

KEY WORDS: RTK-GNSS, Photogrammetry, Multirotor Drone, Mine Production, Department of Primary Industries and Mines

1. บทนำ

กระบวนการประเมินปริมาณการผลิตแร่สำหรับหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างเพื่อจัดเก็บค่าภาคหลวงแร่เป็นหนึ่งในภารกิจที่สำคัญของกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เพื่อให้ได้มาซึ่งรายได้ของรัฐสำหรับนำไปพัฒนาประเทศต่อไป โดยในปัจจุบันกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ได้ประเมินปริมาณการผลิตแร่จากค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการ โม่ บด และย่อยหิน จากใบเสร็จการชำระเงินค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคแล้วนำมาคำนวณแปลงค่าพลังงานไฟฟ้าเป็นปริมาณหินที่ป้อนสู่โรงโม่หินเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการจัดเก็บรายได้เข้าสู่รัฐ จากนั้นจะใช้กระบวนการตรวจสอบรังวัดเพื่อติดตามผลผลิตจากหน้าเหมืองตามที่ได้ยื่นชำระค่าภาคหลวงแร่ไว้ ซึ่งกระบวนการในปัจจุบันที่มีสถานประกอบการเหมืองแร่สำหรับหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างเปิดดำเนินการอยู่ประมาณ 1,000 ราย การติดตามตรวจสอบการทำเหมืองโดยกระบวนการรังวัดดังกล่าวจึงมีอุปสรรคทั้งในแง่ของงบประมาณและบุคลากรในการปฏิบัติงาน ด้วยปัญหาดังกล่าว กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่จึงได้มีแนวคิดเพื่อนำอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Arial Vehicle: UAV) เพื่อมาทดแทนเจ้าหน้าที่ในกระบวนงานตรวจสอบกำกับดูแลเชิงวิศวกรรมและการปฏิบัติตามกฎหมาย กระบวนงานตรวจสอบรังวัดและการตรวจประเมินด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะช่วยในการติดตามความเปลี่ยนแปลงของสถานประกอบการเหมืองแร่ ว่ามีการกระทำผิดกฎหมายหรือไม่ และมีการผลิตจำนวนเท่าไรตรงตามที่ได้แจ้งชำระค่าภาคหลวงแร่เป็นรายได้ของรัฐหรือไม่ กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่จึงได้ดำเนินการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีรังวัดสมัยใหม่ โดยความร่วมมือกับบริษัท เออีซี-

เอ็มบีไอ (ประเทศไทย) จำกัด เพื่อนำอุปกรณ์รังวัดด้วยดาวเทียมชนิด RTK-GNSS ร่วมกับการประมวลผลภาพด้วยวิธี Photogrammetry จากภาพถ่ายทางอากาศที่ถ่ายภาพด้วยอุปกรณ์ Multirotor Drone สำหรับทดสอบใช้ในพื้นที่นำร่องหมู่เหมืองเขาเชิงเทียน จังหวัดชลบุรี (รูปที่ 1 และ 2) ก่อนจะนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่ประทานบัตรเหมืองแร่อื่นๆ ทั่วประเทศต่อไป



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา หมู่เหมืองเขาเชิงเทียน จังหวัดชลบุรี



รูปที่ 2 บ่อเหมืองในพื้นที่ศึกษา หมู่เหมืองเขาเชิงเทียน จังหวัดชลบุรี

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาแนวทางการใช้เทคโนโลยีรังวัดด้วยอุปกรณ์ RTK-GNSS และการประมวลผลภาพจากภาพถ่ายทางอากาศในการติดตามตรวจสอบการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรแร่

2.2 เพื่อประเมินความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลภาพด้วยวิธี Photogrammetry ร่วมกับอุปกรณ์ RTK GNSS

2.3 เพื่อประยุกต์ใช้ข้อมูลที่สกัดได้จากการประมวลผลภาพด้วยวิธี Photogrammetry ในการประเมินปริมาณการผลิตแร่จากหน้าเหมือง

3. วิธีการวิจัย

ในงานศึกษานี้ได้กระทำขึ้นเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลภูมิประเทศจากสองแหล่งข้อมูลคือข้อมูลภูมิประเทศจากการรังวัดภูมิประเทศโดยตรงจากอุปกรณ์ RTK-GNSS และข้อมูลภูมิประเทศที่สกัดได้จากการประมวลผลภาพจากภาพถ่ายทางอากาศโดยอุปกรณ์ Multirotor Drone ด้วยวิธี Photogrammetryซึ่งมีการตรึงจุดพิกัดหมุดหลักเขตประทานบัตรด้วยอุปกรณ์ RTK-GNSSทั้งนี้ข้อมูลภูมิประเทศจากการประมวลผลภาพจะถูกนำมาใช้สำหรับคำนวณปริมาณการผลิตแร่หินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง เมื่อการดำเนินงานเหมืองแร่ผ่านไปชั่วระยะเวลาหนึ่งโดยการใช้โปรแกรมประยุกต์ทางด้านเหมืองแร่ชนิด SURPAC เพื่อประเมินอัตราการผลิตแร่จากหน้าเหมือง

สำหรับการเปรียบเทียบความน่าเชื่อถือของข้อมูลภูมิประเทศที่สกัดได้จากการประมวลผลภาพนั้นได้ถูกดำเนินการโดยใช้ค่าทางสถิติในการทดสอบความแตกต่างระหว่างระดับความสูงของภูมิประเทศ โดยค่าทางสถิติที่มีการนำมาทดสอบคือค่าเฉลี่ยความแตกต่าง(Mean Different: MD)ค่า Root Mean Square Different (RMSD)ค่าความสัมพันธ์ (r) ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r^2) การวิเคราะห์ความถดถอย และการวิเคราะห์การกระจายตัว

ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยความแตกต่าง (MD) และ RMSD คำนวณจาก

$$MD = \frac{\sum (X - Y)}{n}$$

$$RMSD = \frac{\sum \sqrt{(X - Y)^2}}{n}$$

โดยค่าความสัมพันธ์คำนวณจากสมการ

$$r = \frac{n\sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{\left[n\sum X^2 - \left(\sum X\right)^2\right]\left[n\sum Y^2 - \left(\sum Y\right)^2\right]}},$$

เมื่อ n คือจำนวนข้อมูล, X คือข้อมูลระดับความสูงของภูมิประเทศจาก RTK-GNSS, และ Y คือข้อมูลระดับความสูงภูมิประเทศจาก Photogrammetry

สำหรับการวิเคราะห์การกระจายตัวจะเป็นแผนภาพแสดงความแตกต่างแบบจับคู่พิกัดเมื่อเลือกพิกัด X Y ที่จุดใดๆ บนแผนที่แล้วกำหนดให้ค่าที่อ่านได้จากแกน x เป็นความสูงที่ได้จาก RTK-GNSSและค่าที่อ่านได้จากแกน y เป็นความสูงที่อ่านได้จาก Photogrammetry ณ พิกัดเดียวกัน

4. ผลการวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัยภาคสนามเพื่อเก็บข้อมูลภูมิประเทศในพื้นที่ทดลองหมู่เหมืองเขาเชิงเทียน จังหวัดชลบุรี(รูปที่ 3) และหมู่เหมืองหน้าพระลาน จังหวัดสระบุรี ซึ่งมีการเก็บพิกัดจุดอ้างอิงด้วยอุปกรณ์ RTK-GNSS จำนวนไม่น้อยกว่า 500 จุด ในแต่ละครั้งของการเก็บข้อมูลภาคสนาม ซึ่งใช้เวลาดำเนินการแต่ละครั้งไม่เกิน 1 วัน โดยการดำเนินการจำนวน 3 ครั้งในช่วงระยะเวลาดำเนินงาน 1 เดือน (ส.ค. 58-ก.ย. 58) และสามารถนำจุดพิกัดอ้างอิงที่ได้จาก RTK-GNSS มากำหนดระนาบสำหรับการประมวลผลภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความแม่นยำในการคำนวณพิกัด (รูปที่ 4) และเปรียบเทียบจุดพิกัดระหว่าง RTK-GNSS และ Photogrammetry ด้วยตัวแปรทางสถิติ พบว่าข้อมูลที่สกัดได้จากการประมวลผลภาพด้วยวิธี Photogrammetry ให้ค่าระดับความสูงที่ใกล้เคียงกันกับการสำรวจจุดพิกัดด้วยอุปกรณ์ RTK-GNSS โดยมีค่าการทดสอบทางสถิติดังตารางที่ 1



การหาค่าพิกัดหมุดหลักเขตประทานบัตรด้วย RTK-GNSS

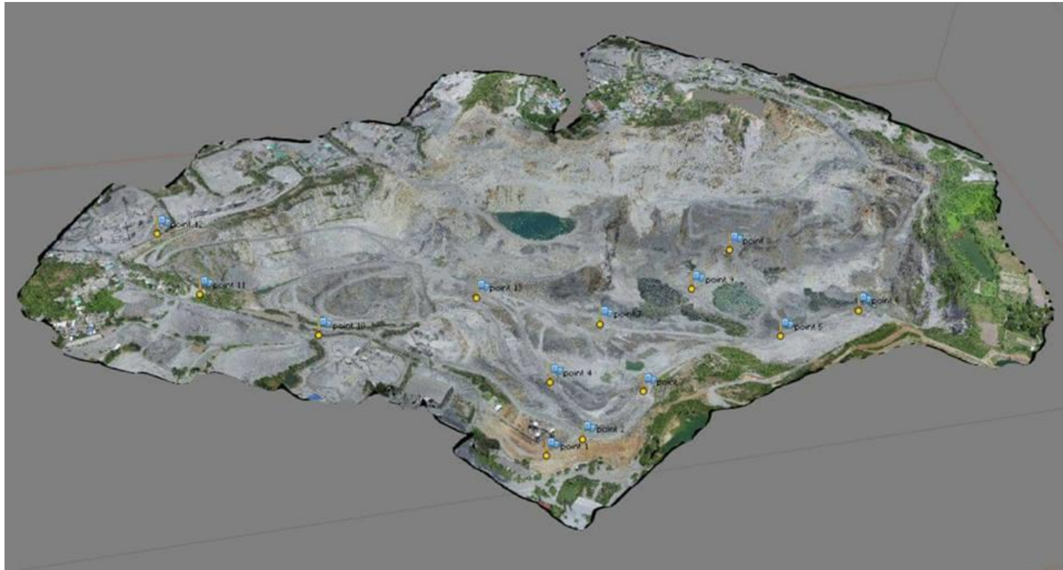


การถ่ายภาพทางอากาศด้วย Multirotor Drone



ภาพถ่ายทางอากาศสำหรับพื้นที่ศึกษา

รูปที่ 3 การดำเนินงานภาคสนามสำหรับหมู่เหมืองเขาเชิงเทียน จังหวัดชลบุรี

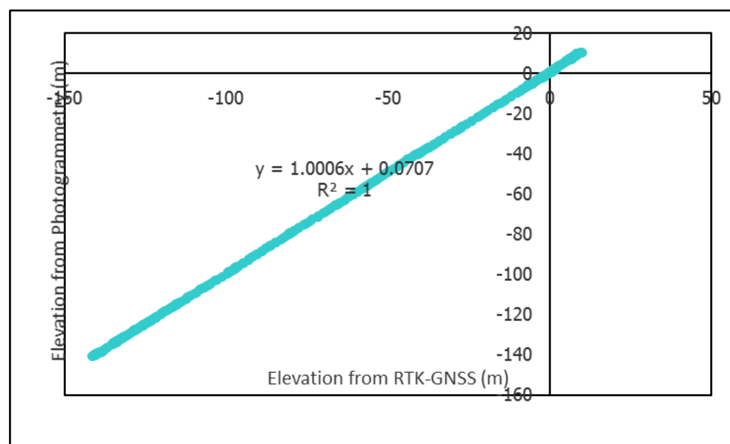


รูปที่ 4 ผลการประมวลผลภาพถ่ายด้วยวิธี Photogrammetryซึ่งตรึงหมุดหลักเขตด้วย RTK-GNSS สำหรับหมู่เหมืองเขาเชิงเทียน จังหวัดชลบุรี

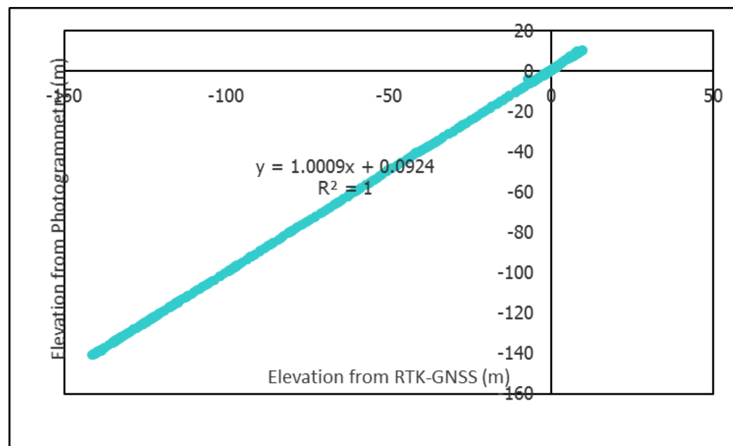
ตารางที่ 1 ผลการทดสอบเปรียบเทียบทางสถิติระหว่างข้อมูลภูมิประเทศที่ได้จากอุปกรณ์ RTK-GNSS และ Photogrammetryสำหรับหมู่เหมืองเขาเชิงเทียน จังหวัดชลบุรี

ตัวแปรทางสถิติ	ครั้งที่ 1 (20 ส.ค. 58)	ครั้งที่ 2 (21 ส.ค. 58)	ครั้งที่ 3 (19 ก.ย. 58)
MD(cm)	-3.13	-3.75	2.25
RMSD (cm)	14.62	14.80	13.39
Linear Regression	1.0006	1.0009	1.0004
Correlation Coefficient	1.00	1.00	1.00

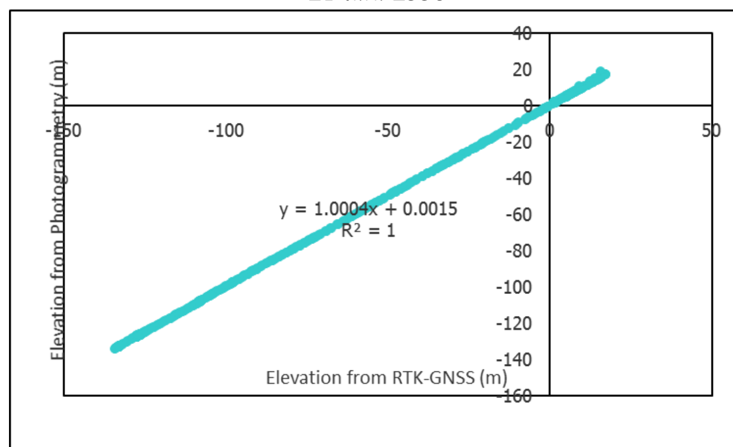
การเปรียบเทียบระดับความสูงจากทั้งสองแหล่งข้อมูลโดยการใช้แผนภาพการกระจายตัวดังแสดงในรูปที่ 5 พบว่าค่าความสูงมีความคล้ายคลึงกันโดยสามารถจับคู่ได้แบบ 1:1 ซึ่งให้ค่าความสูงที่เหมือนกันทุกครั้งที่ทำการทดสอบ ซึ่งบ่งชี้ว่าข้อมูลจากแหล่งข้อมูลทั้งสองมีความใกล้เคียงกันมากเมื่อพิจารณาจากค่าทางสถิติ



20 ส.ค. 2558



21 ส.ค. 2558

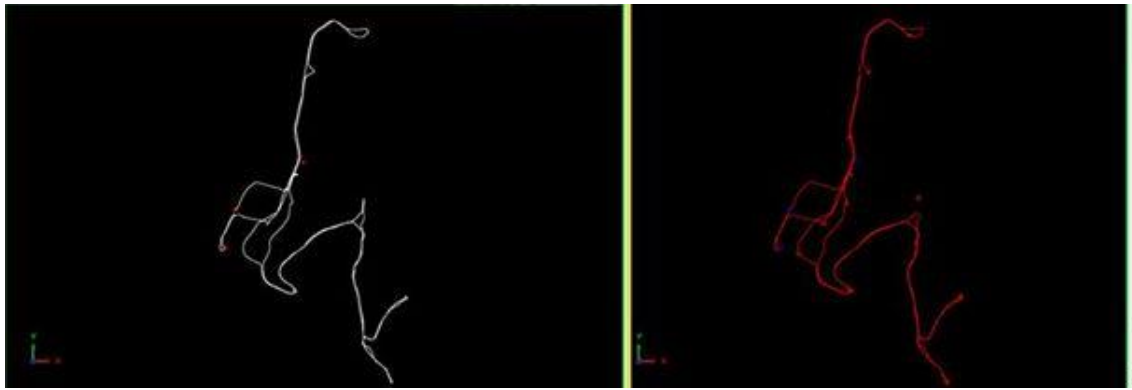


19 ก.ย. 2558

รูปที่ 5 แผนภาพการกระจายตัวของข้อมูลภูมิประเทศจากสองแหล่งข้อมูล สำหรับหมู่เหมืองเขาเชิงเทียน จังหวัดชลบุรี

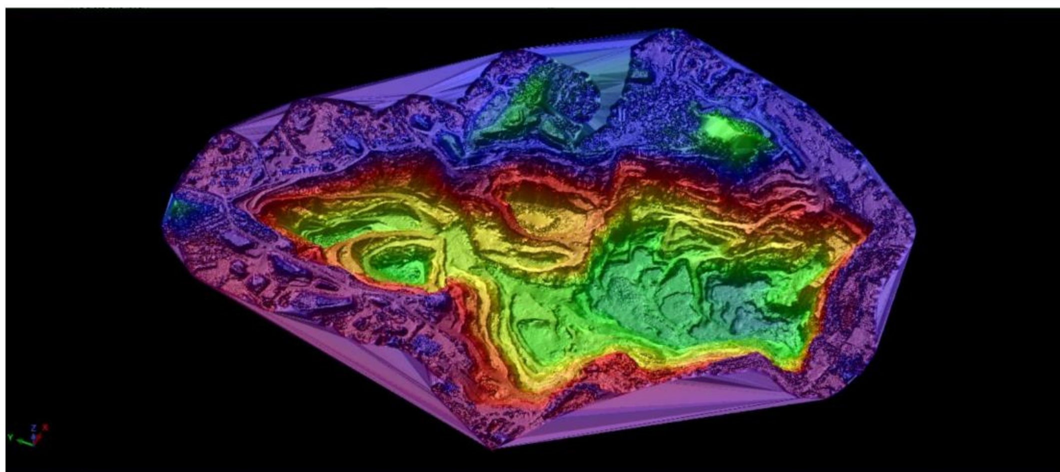
จากผลการดำเนินงานสามารถสรุปได้ว่าการประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศด้วยวิธี Photogrammetry ที่มีการยึดตรึงพิกัดอ้างอิงด้วยผลการรังวัดจากอุปกรณ์ RTK-GNSS ให้ค่าความแม่นยำของผลการประมวลผลพิกัดภาพใกล้เคียงกับการรังวัดด้วยอุปกรณ์ RTK-GNSS แต่มีจำนวนจุดประมวลผลภาพมากกว่าและให้ความสมจริงของข้อมูลใกล้เคียงกับภูมิประเทศจริง

ข้อมูลดิบจากการรังวัดด้วยอุปกรณ์ RTK-GNSSและการประมวลผลภาพจากแต่ละครั้งของการเก็บข้อมูลภาคสนามเป็นตัวบ่งชี้ความต่างระดับของพื้นที่จริงที่ผ่านการทำเหมืองซึ่งสามารถนำมาทำการจำลองภูมิประเทศแบบ 3 มิติในโปรแกรมประยุกต์ทางด้านเหมืองแร่ (SURPAC) เพื่อประเมินปริมาณการผลิตแร่ได้ การเก็บข้อมูลภาคสนามทำให้ผลการจำลองสอดคล้องกับสภาพพื้นที่จริงมากที่สุด ข้อมูลดิบจากการรังวัดที่ป้อนเข้าสู่โปรแกรมเป็นข้อมูลในรูปแบบข้อความ (ASCII) และมีการจัดเก็บในรูปแบบแถวและหลัก จากนั้นจึงสร้างข้อมูลภาพในรูปแบบ string ด้วยโปรแกรมSURPAC ดังรูปที่ 6 เพื่อสร้างข้อมูลเชิงปริมาตรสำหรับการคำนวณปริมาณการผลิตแร่จากหน้าเหมืองต่อไป

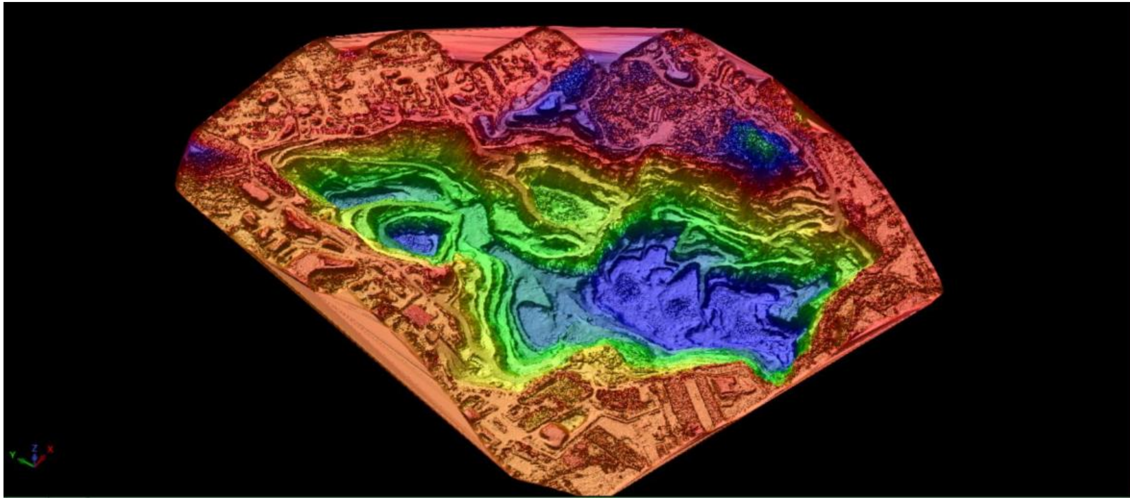


รูปที่ 6 ข้อมูลภาพในรูปแบบ string จากทั้งสองแหล่งข้อมูลบนโปรแกรมประยุกต์ SURPAC สำหรับหมู่เหมืองเขาเชิงเทียน จังหวัดชลบุรี

สำหรับการคำนวณปริมาตรนั้นต้องอาศัยแบบจำลองพื้นผิวสองพื้นผิวเพื่อเป็นข้อมูลนำเข้า ซึ่งการคำนวณจะอาศัยเทคนิคโดยคำนวณจากปริมาตรปริซึ่มที่เกิดจากเส้นโครงถักสามเหลี่ยมเทียบกับระดับอ้างอิง (รูปที่ 7) โดยสามเหลี่ยมแต่ละอันนั้นเกิดขึ้นจากจุดข้อมูลที่ได้จากการรังวัดโดยผลต่างของปริมาตรพื้นผิวทั้งสองเมื่อเทียบกับระดับอ้างอิงอันหนึ่งจะเกิดเป็นปริมาตรสุทธิที่เกิดขึ้นระหว่างพื้นผิวทั้งสองนั่นเองซึ่งจากการคำนวณพบว่าในรอบระยะเวลา 1 เดือนที่ทำการวิจัยมีปริมาณการผลิตหินจากหน้าเหมืองทั้งสิ้นจำนวน 150,000 เมตริกตัน และมีความแตกต่างของการคำนวณปริมาตรจากทั้งสองแหล่งข้อมูลน้อยกว่าร้อยละ 2 ดังนั้นการประยุกต์ใช้อุปกรณ์ RTK-GNSS ร่วมกับการประมวลผลภาพจากภาพถ่ายทางอากาศจึงสามารถนำมาใช้ในการประเมินปริมาณการผลิตแร่จากหน้าเหมืองเพื่อทดแทนการรังวัดปริมาตรแร่ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันซึ่งการนำเทคโนโลยียุคใหม่มาใช้นี้ สามารถประหยัดเวลา งบประมาณ และบุคคลากรในการดำเนินการตามภารกิจของกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ได้ต่อไป



3-D Modelling for August 2015



3-D Modelling for September 2015

รูปที่ 7แบบจำลอง 3 มิติ จากข้อมูลภูมิประเทศที่สกัดจาก photogrammetry บนโปรแกรมประยุกต์ SURPAC สำหรับหมู่เหมืองเขาเชิงเทียน จังหวัดชลบุรี

5. วิจารณ์ผลและสรุปผล

การเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภูมิประเทศด้วยอุปกรณ์ RTK-GNSS และการประมวลผลภาพจากภาพถ่ายทางอากาศในงานวิจัยนี้ใช้การอ้างอิงพิกัดจากข้อมูลดาวเทียมที่อ่านค่าได้จากอุปกรณ์ RTK-GNSS เป็นหลักโดยมิได้อ้างอิงเส้นโครงแผนที่จากแหล่งข้อมูลอื่นจึงไม่สามารถนำไปเปรียบเทียบเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในแนวระนาบสำหรับพิกัด X และ Y ถึงแม้ค่าที่อ่านได้จะอ้างอิงกับDATUM และ Map Projection ในระบบมาตรฐานเช่น WGS1984 สำหรับ Map Projection แบบ UTM ก็ตาม ดังนั้นในการประยุกต์ใช้ในวัตถุประสงค์อื่นเช่นเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของพิกัดสำหรับใช้ในวัตถุประสงค์ทางกฎหมายจึงจำเป็นต้องระบุพิกัดอ้างอิงตามมาตรฐานการแผนที่ไว้ให้ชัดเจน นอกจากนี้การคำนวณปริมาณการผลิตแร่จากสองช่วงเวลาตามที่ได้แสดงไว้จากการใช้โปรแกรม SURPAC เป็นการประเมินโดยมิได้คำนึงถึงปริมาณดินและโพรงหินที่เกิดตามลักษณะทางธรณี จึงอาจจะมีข้อผิดพลาดบ้างในการนำมาใช้อ้างอิงในการประเมินอัตราการผลิตแร่ในแต่ละช่วงเวลา การประยุกต์ใช้จึงต้องคำนึงถึงธรณีวิทยาแหล่งแร่สำหรับแต่ละพื้นที่ด้วย

โดยสรุปสิ่งที่ได้จากงานวิจัยนี้คือ

1. การประยุกต์ใช้ RTK-GNSS ร่วมกับการประมวลผลภาพจากภาพถ่ายทางอากาศมีความถูกต้องของข้อมูลภูมิประเทศในระดับสูง
2. สำหรับพื้นที่หมู่เหมืองขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถดำเนินงานรังวัดให้มีความละเอียดและแม่นยำได้สามารถใช้วิธีการสกัดข้อมูลภูมิประเทศมาทดแทนกระบวนงานรังวัดได้
3. การคำนวณระดับความสูงในแต่ละจุดพิกัดด้วยวิธี Photogrammetry มีความแตกต่างจากพิกัดเดียวกันที่อ่านค่าได้จากอุปกรณ์ RTK-GNSS ในช่วงประมาณ 10 เซนติเมตร การนำข้อมูลไปใช้จึงขึ้นอยู่กับความละเอียดของลักษณะงานที่ต้องการใช้ข้อมูลนั้น
4. การจำลองภูมิประเทศแบบ 3 มิติจากการประมวลผลภาพสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการติดตามตรวจสอบทรัพยากรเช่นในกรณีนี้เป็นการประเมินปริมาณการผลิตแร่ได้
5. ปริมาณการผลิตแร่ที่คำนวณได้จากทั้งสองแหล่งข้อมูลเมื่อนำมาเปรียบเทียบกันแล้วมีความแตกต่างกันน้อยมาก ซึ่งสามารถนำวิธีการกำหนดจุดพิกัดบนภาพถ่ายทางอากาศในการประมวลผลภาพไปประยุกต์ใช้เพื่อสร้างความน่าเชื่อถือของข้อมูลได้ต่อไป

6. ข้อเสนอแนะ

1.การดำเนินงานจำลองภูมิประเทศเพื่อสำรวจ ตรวจสอบ กำกับดูแลทรัพยากรแร่โดยการใช้ภาพถ่ายทางอากาศจากอุปกรณ์ UAV ควรมีการระบุพิกัดจุดอ้างอิงบนผิวโลกโดยการใช้อุปกรณ์ระบุพิกัดด้วยดาวเทียมเช่น GPS หรือ GNSS

2.การคำนวณเพื่อติดตามปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงไปของบ่อเหมืองเปิดต้องอาศัยข้อมูลงานรังวัดครั้งแรกที่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดในเหมืองอย่างละเอียดก่อนการทำเหมืองหรือก่อนการเปลี่ยนแปลงซึ่งอ้างอิงจากวันที่ทำการรังวัดอย่างละเอียดทั้งหมด แล้วนำข้อมูลมาสร้างเป็นแบบจำลองพื้นผิวเป็นฐานเก็บไว้ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงหน้างานก็ให้ไปรังวัดบริเวณที่เปลี่ยนแปลงหรือสงสัยว่าจะเปลี่ยนแปลงได้ทันที โดยอาศัยข้อมูลจากภาพถ่ายทางอากาศมาสร้างภูมิประเทศจำลองแบบ 3 มิติเปรียบเทียบกันจะทำให้การทำงานตรวจสอบสอดคล้องกับความเป็นจริงมากขึ้น

3.ในกรณีที่มีจำนวนข้อมูลจากอุปกรณ์รังวัดน้อยเกินไปสามารถใช้การสกัดข้อมูลภูมิประเทศจากการประมวลผลภาพจากภาพถ่ายทางอากาศเพื่อทดแทนข้อมูลสำหรับพื้นที่อันตรายที่ไม่สามารถเข้าไปดำเนินการสำรวจได้

4.หน่วยงานควรมีการจัดสรรงบประมาณในการจัดหาอุปกรณ์ระบุพิกัดที่มีความเที่ยงตรงแม่นยำอาทิ GNSS ร่วมกับการจัดซื้อ UAV เพื่อถ่ายภาพทางอากาศสำหรับนำมาใช้ในการประมวลผลภาพ จะช่วยให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

สภาวิศวกร, 2558, เอกสารประกอบการอบรมเชิงวิชาการด้านวิศวกรรมสำรวจเพื่องานวิศวกรรม หลักสูตร รู้ใช้ เข้าใจ เรื่อง GPS/GNSS, วันที่ 12-13 พฤศจิกายน พ.ศ. 2558, ณ ห้องประชุม 3 ชั้น 4 อาคาร วสท., วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

สุเพชร จิรขจรกุล, 2551, เรียนรู้ระบบภูมิสารสนเทศด้วยโปรแกรม ArcGIS Desktop 9.2, ภาควิชาเทคโนโลยีชนบท คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, สำนักพิมพ์ เอส อาร์ พรินติ้ง แมสโปรดักส์ จำกัด, นนทบุรี

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์กรมหาชน)และสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย,2552, ตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศศาสตร์, อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง

การพัฒนาต้นแบบของแอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์มือถือ เพื่อปรับปรุงการรายงานอุบัติเหตุบนท้องถนน

Develop mobile application for adjust car accidents report

ธนินนุช ลำเจียก และ ปริเวท วรรณโกวิท

TaninnuchLamjiakand ParriwateVanarkovida

ศูนย์วิศวกรรมสารสนเทศภูมิศาสตร์และนวัตกรรม สถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

โทรศัพท์ 02-470-9720 โทรสาร 02-470-9703 e-mail: taninnuch.lamjiak@gmail.com

บทคัดย่อ

การติดต่อสื่อสารระหว่างเจ้าหน้าที่หน่วยกู้ภัยถือเป็นเรื่องที่สำคัญอย่างมากโดยเฉพาะการกู้ภัยอุบัติเหตุบนท้องถนน เนื่องจากอุบัติเหตุบนท้องถนนถือเป็นอุบัติเหตุที่เกิดบ่อยและมีผู้บาดเจ็บมากที่สุดและเมื่อมีอุบัติเหตุทางถนนเกิดขึ้นเจ้าหน้าที่กู้ภัยมีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องไปถึงยังสถานที่เกิดเหตุโดยเร็วที่สุด ดังนั้นหากเจ้าหน้าที่หน่วยกู้ภัยสามารถทราบตำแหน่งการเกิดอุบัติเหตุได้อย่างรวดเร็วจะส่งผลให้การเพิ่มโอกาสในการช่วยเหลือผู้ได้รับบาดเจ็บมีมากขึ้น นอกจากนี้ในหน่วยงานกู้ภัยยังต้องทำการเก็บรวบรวบข้อมูลของการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนในแต่ละครั้งเพื่อนำมาวิเคราะห์การเกิดอุบัติเหตุในแต่ละปีและวิเคราะห์บริเวณที่เกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้งเพื่อนำเสนอข้อมูลแก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสำหรับวางแนวทางการป้องกันและลดจำนวนการเกิดอุบัติเหตุทางถนน

ปัจจุบันแอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์มือถือเป็นสิ่งที่ได้รับความนิยมอย่างมากและสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในหลายๆ ส่วน เราจึงนำประโยชน์ของแอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์มือถือมาใช้ในการช่วยเหลือหน่วยกู้ภัย โดยประชาชนทั่วไปหรือทีมกู้ภัยสามารถรายงานตำแหน่งและลักษณะของการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนให้แก่สมาชิกของหน่วย กู้ภัยได้ทราบและเก็บบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูลโดยอัตโนมัติ โดยการดำเนินงานได้พัฒนาแอพพลิเคชั่นของโทรศัพท์มือถือบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยใช้ข้อมูลจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการหาและแสดงตำแหน่งของสถานที่เกิดอุบัติเหตุและผู้รายงานสามารถใส่รายละเอียดเพิ่มเติมของสถานที่เกิดอุบัติเหตุ ได้แก่ ชื่อถนน หลักกิโลเมตร ชื่อสี่แยก หรือจุดสังเกต และข้อมูลผู้ได้รับบาดเจ็บ ได้แก่ จำนวนผู้เกี่ยวข้อง จำนวนผู้ได้รับบาดเจ็บ จำนวนผู้เสียชีวิต จำนวนพานยาหนะ ซึ่งผู้รายงานสามารถกดส่งรายงานเมื่อพร้อมแต่หากยังไม่พร้อมผู้รายงานสามารถบันทึกเพื่อรายงานภายหลังได้ และเมื่อผู้รายงานส่งรายงานเรียบร้อยแล้วข้อมูลจะถูกเก็บในฐานข้อมูลโดยอัตโนมัติและสามารถเรียกดูได้ในแอพพลิเคชั่นแผนที่บนเว็บไซต์และนำข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์บริเวณที่เกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้งซึ่งได้ออกแบบหน้าเว็บเพจที่ใช้ในการจัดการรายงานที่ผู้รายงานบันทึกไว้ โดยผู้รายงานสามารถเพิ่มเติม แก้ไข หรือลบรายงานได้ แอพพลิเคชั่นนี้ได้ทดสอบและใช้งานโดยมูลนิธิซึ่งช่วยเพิ่มโอกาสในการช่วยเหลือผู้บาดเจ็บและช่วยให้การเก็บบันทึกข้อมูลเป็นระบบมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: แอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์มือถือ แอนดรอยด์ เหตุฉุกเฉิน อุบัติเหตุบนท้องถนน ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ แอพพลิเคชั่นแผนที่บนเว็บไซต์

ABSTRACT

The communication among the emergency institutions is very important especially with thee mergency services during the accident.Car accident occurred the most and resultedon high injurie numbers. To reduce number of casualties at the accident, rescuers must go tothe scene as soon as possible. The faster they know the exact location of the accident, the chance

of survival increasesfor people. Furthermore, the rescuers have a duty to gather all accident data and input to their server.The data was analyzedfurther. For example, a hot spot analysisof car accident was published to present to the government institutionsto prevent and plan for the local transportation.Nowaday, mobile application is very common and has a lot of advantage. The team created mobile application to help an emergency rescue. The corresponded institutions can use the application to report the accident location and a status of car accident to other members.Next, the application can be used in report preparation. We developeda mobile application in android operating system. GPS was enabled to capture the location of the car accident. The location was displayed an dautomaticallyreported. The user then can put more description of the accident's location such as road name, kilometer, intersection, landmark,and detail on casualty- number of people involved, injured, deceased. The users can send the report when they are ready. The report can be saved and send later as well. When the users sent the report, the data was stored in the database automatically. The report can be queried and displayed in a web-based mapping application. We designed an access formanager to update, edit or delete the report that they saved. This application was tested and used by the Sawangbenjatham Foundation. This application helped rescuer to increase the chance to help a casualty and collect the accident data systematically.

Keywords: Mobile application, android, emergency, car accident, GIS, web-based mapping application

1. บทนำ

ในการช่วยเหลือผู้ประสบอุบัติเหตุบนท้องถนนของเจ้าหน้าที่กู้ภัย การติดต่อสื่อสารระหว่างเจ้าหน้าที่กู้ภัยถือเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญอย่างมากเนื่องจากอุบัติเหตุบนท้องถนนเป็นอุบัติเหตุที่เกิดบ่อยที่สุด โดยการติดต่อสื่อสารระหว่างเจ้าหน้าที่กู้ภัยจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการช่วยเหลือผู้ประสบอุบัติเหตุได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งในปัจจุบันสมาร์ท์โฟนเป็นอุปกรณ์ที่มีผู้ใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีแอพพลิเคชั่นที่ช่วยอำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ เราจึงนำประโยชน์ของการพัฒนาแอพพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟนมาใช้ในการช่วยเหลือเจ้าหน้าที่กู้ภัยในการรายงานอุบัติเหตุให้กับคนในหน่วยงาน นอกจากนี้การพัฒนาแอพพลิชั่นบนสมาร์ทโฟนยังช่วยให้การเก็บบันทึกข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนมีความสะดวกและเป็นระบบมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องแม่นยำและสามารถนำข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์บริเวณที่เกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้งเพื่อวางแผนหาแนวทางป้องกัน พร้อมทั้งวางแผนการช่วยเหลือผู้ประสบอุบัติเหตุของเจ้าหน้าที่กู้ภัยได้ โดยโครงการนี้เราได้ทำการพัฒนาแอพพลิเคชั่นในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เนื่องจากเป็นระบบปฏิบัติการที่เป็น Open-Source และมีการใช้งานอย่างแพร่หลาย

2. วัตถุประสงค์

2.1 ศึกษาการพัฒนาแอพพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟนเพื่อประยุกต์ใช้กับการรายงานอุบัติเหตุบนท้องถนน
2.2 เพื่อนำข้อมูลทาง GIS มาใช้ในการซศึกษาบริเวณที่เกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้ง
2.3 เพื่อช่วยเหลือเจ้าหน้าที่กู้ภัยในการรายงานอุบัติเกตุบนท้องถนน

3. วิธีการวิจัย

3.1 ออกแบบการทำงานของระบบ

ขั้นตอนนี้จะเป็นการออกแบบการทำงานและฟังก์ชันของระบบการรายงานอุบัติเหตุก่อนทำการพัฒนาแอพพลิเคชั่นและเซิร์ฟเวอร์ โดยการทำงานของแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 ฟังก์ชันบนโทรศัพท์มือถือ:

O ระบบอินเตอร์เฟซเป็นภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

O การ Login เข้าสู่ระบบ (เฉพาะผู้ที่มีสิทธิในการเข้าใช้ระบบจึงจะสามารถสร้างรายงานได้)

O สร้างรายงาน

O ป้อนชื่อผู้รายงาน

O เพิ่มภาพถ่าย

O เพิ่มคำอธิบายข้อความ

O เลือกหมวดหมู่ ความรุนแรง จำนวนของ ยานพาหนะ ที่เกี่ยวข้อง จำนวนผู้ได้รับบาดเจ็บ จำนวนผู้เสียชีวิต

O อัปโหลดรายงานข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ โดยโปรแกรมจะเพิ่มสถานที่และเวลาอัตโนมัติ

ในกรณีที่อินเทอร์เน็ตใช้งานไม่ได้ชั่วคราว ข้อมูลรายงานจะถูกบันทึกลงในอุปกรณ์โดยจะอยู่ในส่วนของการจัดการรายงานซึ่งในส่วนของการจัดการรายงานจะมีฟังก์ชันดังนี้

O จัดการรายงานบนโทรศัพท์มือถือ

O อัปโหลดรายงานที่บันทึกไว้

O ลบรายงานที่ถูกอัพโหลดแล้ว

3.1.2 ฟังก์ชันด้านเซิร์ฟเวอร์ (เบราว์เซอร์) :

O ดูสถานที่ของรายงานทั้งหมดบนแผนที่

O เลือกตำแหน่งที่รายงานและดูข้อมูลของรายงาน

O เลือกตำแหน่งที่รายงานและดูภาพ (ถ้ามี)

3.1.3 ฟังก์ชันในการดูแลระบบ (เบราว์เซอร์) :

O ติดต่อภาษาอังกฤษเท่านั้น

O เข้าสู่ระบบ

Oรายการของรายงานทั้งหมด

Oดูข้อมูลรายละเอียดของรายงาน (ไม่ได้แสดงบนแผนที่)

O ลบรายงาน

O เพิ่ม / ลบผู้ใช้

3.2 ออกแบบและพัฒนาแอพพลิเคชั่น

ในขั้นตอนนี้เราได้ทำการออกแบบและพัฒนาแอพพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ทในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งในการออกแบบจะต้องออกแบบให้มีความสวยงามและใช้งานง่าย โดยเราได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

3.2.1 ส่วนของหน้าต่างวิธีการใช้งาน

ในส่วนนี้จะเป็นหน้าต่างสำหรับอธิบายการใช้งานแอพพลิเคชั่นคร่าวๆ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้แอพพลิเคชั่นได้อย่างถูกต้องโดยจะมีคำอธิบายการใช้งานทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

3.2.2 ส่วนของหน้าต่างสร้างรายงาน

ในส่วนนี้จะเป็นหน้าต่างสำหรับให้ผู้รายงานสร้างรายงานอุบัติเหตุ โดยในหน้าต่างนี้จะมีช่องให้ผู้รายงานกรอกรายละเอียดต่างๆของอุบัติเหตุ ไม่ว่าจะเป็น ภาพถ่ายสถานที่เกิดเหตุ, ชื่อผู้รายงาน, ตำแหน่งของสถานที่เกิดเหตุ, ข้อมูลผู้ประสบอุบัติเหตุ, ข้อมูลยานพาหนะที่เกิดอุบัติเหตุ, คำอธิบายเพิ่มเติม, วัน เวลา ที่เกิดอุบัติเหตุและตำแหน่งพิกัดที่เกิดเหตุ (วัน เวลาและตำแหน่งพิกัดที่เกิดเหตุจะแสดงอัติโนมัติเพื่อความสะดวกในการรายงาน) ซึ่งผู้รายงานสามารถเลือกได้ว่าจะส่งรายงานหรือบันทึกรายงานเพื่อแก้ไขในภายหลัง

3.2.3 ส่วนของหน้าต่างการจัดการรายงาน

ในส่วนนี้จะเป็นหน้าต่างที่ผู้รายงานใช้ในการจัดการรายงาน ซึ่งเมื่อผู้รายงานบันทึกรายงานจากหน้าต่างสร้างรายงาน รายงานจะถูกบันทึกไว้ในหน้าต่างการจัดการรายงานเพื่อให้ผู้รายงานสามารถ แก้ไข, ลบ หรือส่งรายงานได้ ซึ่งเมื่อผู้รายงานส่งรายงาน รายงานจะถูกบันทึกลงในฐานข้อมูล

3.3 ออกแบบและพัฒนาส่วนของเซิร์ฟเวอร์ (เบราว์เซอร์)

เมื่อผู้รายงานส่งรายงานเรียบร้อยแล้ว รายงานจะถูกบันทึกลงในฐานข้อมูล ในขั้นตอนนี้จะทำการพัฒนาเซิร์ฟเวอร์ โดยดึงรายงานที่ถูกบันทึกลงในฐานข้อมูลมาแสดงใน Google maps application เพื่อให้เจ้าหน้าที่ในหน่วยงานสามารถเข้าไปดูข้อมูลรายงานและติดตามช่วยเหลือได้

3.4 ออกแบบและพัฒนาส่วนของการดูแลระบบ (เบราว์เซอร์)

ในส่วนนี้จะเป็นส่วนทีใช้ในการจัดการกับข้อมูลรายงานที่ถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูล ซึ่งจะอนุญาตให้ผู้ดูแลระบบสามารถแสดงและจัดการรายงานอุบัติเหตุ ซึ่งมีความสามารถหลักอยู่ 4 ประการ ดังนี้

1. ค้นหาและแสดงรายละเอียดของการรายงานอุบัติเหตุตามช่วงวันที่
2. แก้ไขรายละเอียดของรายงานการเกิดอุบัติเหตุ
3. ลบรายงานอุบัติเหตุ
4. รวมสองรายงานที่ระบุว่ารายงานที่สองมีความเกี่ยวข้องและซ้ำกับเหตุการณ์การเกิดอุบัติเหตุเช่นเดียวกับในรายงานครั้งแรก

โดยผู้ดูแลระบบจะต้องกรอกชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านเพื่อความปลอดภัยของข้อมูล ซึ่งส่วนนี้จะช่วยให้เจ้าหน้าที่กู้ภัยสามารถเข้าถึง และจัดการกับข้อมูลในรายงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และข้อมูลสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้สูงสุด

3.5 ทดสอบระบบ

ขั้นตอนนี้จะเป็นการทดสอบการทำการของแอพพลิเคชั่นรายงานอุบัติเหตุ และระบบฐานข้อมูล เพื่อให้แอพพลิเคชั่นมีความสมบูรณ์มากที่สุด

4. ผลการวิจัย

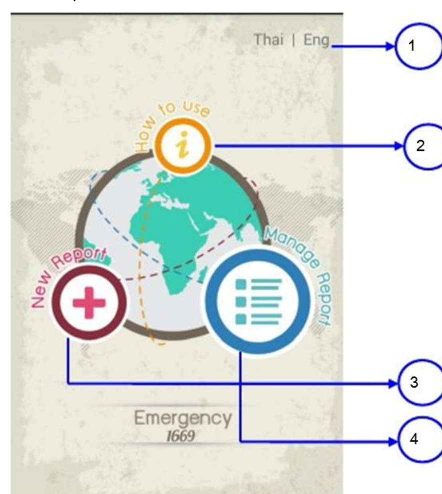
4.1 แอพพลิเคชั่นรายงานอุบัติเหตุ

ในส่วนของแอพพลิเคชั่นที่ได้ทำการออกแบบและพัฒนา มีลักษณะดังนี้

4.1.1 เมนูหลัก

ในหน้าต่างเมนูหลักมีส่วนประกอบดังนี้

1. เลือกภาษาสาหรับอินเตอร์เฟส (ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ)
2. คู่มือการใช้งาน
3. ส่วนจัดการรายงาน (Manage Report)
4. ส่วนสร้างรายงาน (New Report)



รูปที่ 1 หน้าต่างแสดงการทำงานของเมนูหลัก

4.1.2 ส่วนสร้างรายงาน

ในส่วนนี้ระบบจะ การใส่ข้อมูลของ วันที่ เวลา และพิกัด ลงบนระบบโดยอัตโนมัติ และผู้ใช้งานจาเป็นต้องกรอกข้อมูลรายละเอียดต่างๆให้ครบถ้วน ผู้ใช้งานจึงจะสามารถทาการบันทึกข้อมูลหรือส่งรายงานได้ซึ่งลักษณะของส่วนสร้างรายงาน มีดังนี้

New Report

Reporter

Name

Location (least one field)

Road

Kilometer

Intersection

Landmark

Casualty (all field)

People involved 0

Injured 0

Deceased 0

Vehicles involved

Car Amount 1

+ Add vehicle

Note

Date / time

...

Location

Latitude

Longitude ...

Save Send

1. กล้องสาหรับถ่ายรูปอุบติเหตุ และส่วนแสดงผลรูปภาพ
2. ชื่อผู้รายงานอุบติเหติ
3. ใส่รายละเอียดของตำแหน่งที่เกิดอุบติเหตุ โดยต้องใส่ข้อมูลอย่างน้อย 1 ฟิลด์ (ชื่อถนน, กร
4. ใส่รายละเอียดของจานวนผู้ประสบอุบติเหตุ โดยต้องใส่ข้อมูลลงทุกฟิลด์ (จานวนผู้ประสบอุบติเหตุ, จานวนผู้ได้ รับบาดเจ็บ, จำนวนผู้ที่เสียชี
5. ชนิดของยานพาหนะที่ประสบอุบติเหติ สามารถใส่ได้ มากกว่า 1 ชนิด เช่น รถยนต์, จักรยานยนต์, รถบรรทุก เป็นต้น
6. บันทึกข้อมูลเพิ่มเติม เช่น ประสบอุบติเหติขั้นร้ายแรง หรือ เฉี่ยวชน เป็นต้น
7. วันที่และเวลา จะถูกบันทึกลงบนฟอร์มอัตโนมัติหลังจากมีการถ่ายรูป
8. พิกัด GPS จะถูกบันทึกลงบนฟอร์มอัตโนมัติหลังจากมีการถ่ายรูป
9. ผู้ใช้ สามารถเลือกทาการ Saveเพื่อบันทึกข้อมูล หรื อ Send เพื่อส่งข้อมูลไปยัง Server

รูปที่ 2 หน้าต่างแสดงรูปแบบฟอร์มส่วนสร้างรายงาน

New Report

Reporter

Name Reporter1

Location (least one field)

Road Rama2

Kilometer

Intersection

Landmark

Casualty (all field)

People involved 5

Injured 1

Deceased 2

Vehicles involved

Car Amount 3

Truck Amount 2

+ Add vehicle

Note

low vision

Date / time

2014-12-29 10:52:17

Location

Latitude 13.65454461

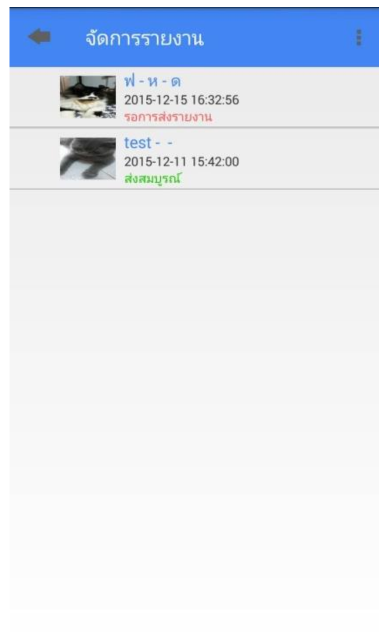
Longitude 100.49419798

Save Send

รูปที่3 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลบนรูปแบบฟอร์มส่วนสร้างรายงาน

4.1.3 ส่วนจัดการรายงาน

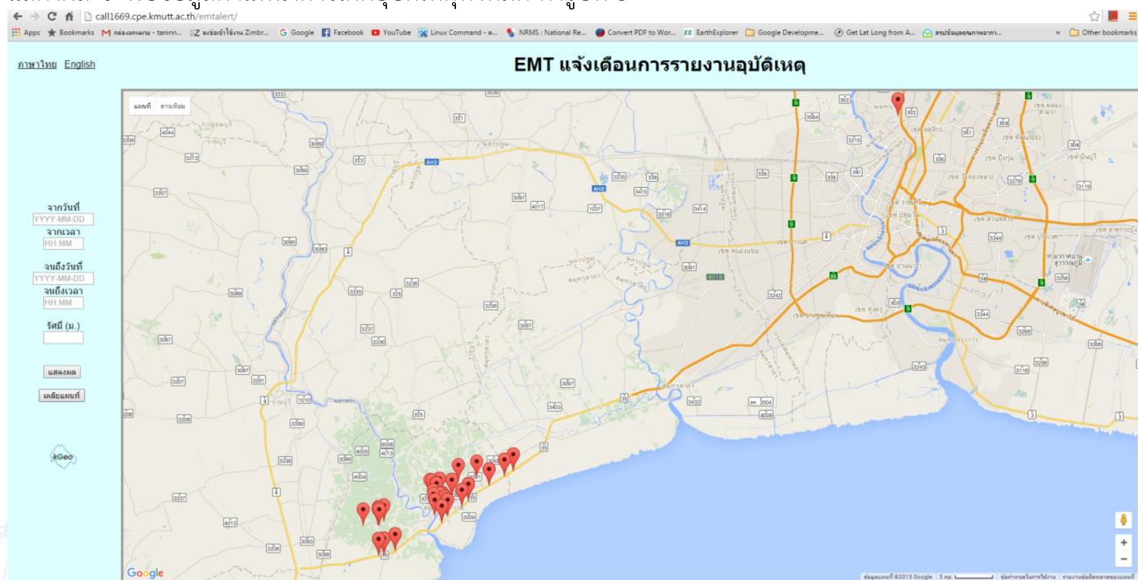
เป็นส่วนที่เก็บรายงานที่ถูกบันทึก หรือรายงานถูกส่งไปยัง Server ซึ่งรายงานที่ถูกบันทึกจะสามารถลบ/แก้ไขได้ (ยกเว้น : รูปถ่าย วันเวลา และพิกัด) หรือส่งรายงานได้



รูปที่ 4 หน้าต่างแสดงการทำงานของส่วนจัดการรายงาน

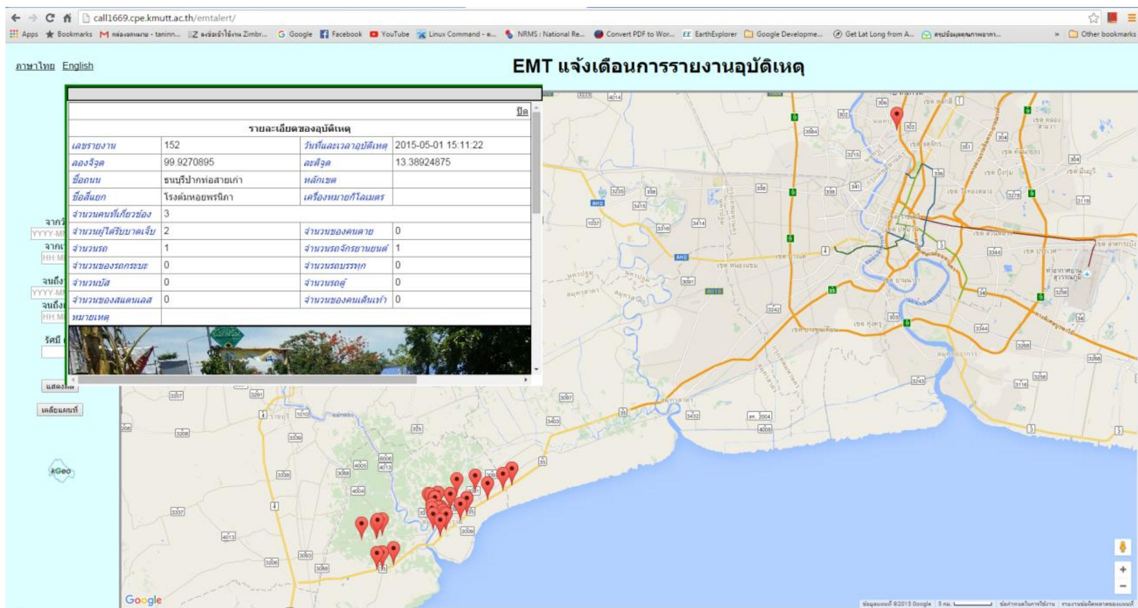
4.2 เซิร์ฟเวอร์ (เบราว์เซอร์)

เมื่อผู้รายงานทำการส่งรายงานผ่านแอพพลิเคชั่น ข้อมูลในรายงานจะถูกบันทึกลงในฐานข้อมูล และเมื่อเข้าไปยังเว็บไซต์ http://call1669.cpe.kmutt.ac.th/emtalert/จะพบหน้าต่าง google map application ซึ่งเมื่อกดแสดงผล จะพบข้อมูลตำแหน่งการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมด ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 หน้าต่างแสดงตำแหน่งการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมด

และเมื่อกดบริเวณตำแหน่งที่เกิดอุบัติเหตุในแผนที่ หน้าต่างเว็บไซต์จะแสดงรายละเอียดของรายงานดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 หน้าต่างแสดงข้อมูลรายงานจากตำแหน่งการเกิดอุบัติเหตุ

4.3 การดูแลระบบ

ในส่วนนี้ผู้ดูแลระบบสามารถเข้าถึงคอนโซลผู้ดูแลระบบได้โดยเข้าไปยังเว็บไซต์ http://call1669.cpe.kmutt.ac.th/emtalert/adminโดยระบบจะแสดงการร้องขอชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านตามที่แสดงในรูปที่ 7

Authentication Required

The server http://call1669.cpe.kmutt.ac.th requires a username and password. The server says: Restricted.

User Name:

Password:

Log In Cancel

รูปที่ 7 การร้องขอชื่อผู้ใช้และรหัสผ่าน

หากป้อนชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านของผู้ดูแลระบบถูกต้อง ระบบจะปรากฏหน้าต่างดังแสดงในรูปที่ 8

จัดการรายงานอุบัติเหตุ

ภาษาไทย English จากวันที่ YYYY-MM-DD จนถึงวันที่ YYYY-MM-DD แสดงผล เคลียร์ข้อมูล เปลี่ยนข้อมูล ลบรายงาน รวมรายงาน

รูปที่ 8หน้าต่างเริ่มต้นการจัดการรายงานอุบัติเหตุ

โดยเมื่อผู้ดูแลระบบสามารถเข้าหน้านี้ได้แล้วจะสามารถค้นหา, แก้ไข, ลบ และรวมรายงานอุบัติเหตุได้

ในงานนี้เราได้ให้ทางเจ้าหน้าที่กู้ภัยจากโครงการสานพลังภาคี กู้ชีพกู้ภัย สู่การดำเนินงานเชิงป้องกันและลดอุบัติเหตุจราจรใช้ในการรายงานอุบัติเหตุที่เกิดในจังหวัดสมุทรสงคราม ซึ่งระบบนี้ช่วยให้ทางเจ้าหน้าที่สามารถรวบรวมรายงานการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนได้ง่ายขึ้น และสามารถรวบรวมและตรวจสอบรายงานการเกิดอุบัติเหตุเพื่อสรุปประจำปี

5. วิจารณ์และสรุปผล

จากการพัฒนาแอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์มือถือเพื่อปรับปรุงการรายงานอุบัติเหตุบนท้องถนน ซึ่งเราได้ให้ทางเจ้าหน้าที่กู้ภัยจากโครงการสารพลังภาคี กู้ชีพกู้ภัย สู่การดำเนินงานเชิงป้องกันและลดอุบัติเหตุจารจรใช้ในการรายงานอุบัติเหตุบนท้องถนนพบว่า การพัฒนาระบบนี้ช่วยอำนวยความสะดวกในการรายงานอุบัติเหตุให้แก่เจ้าหน้าที่กู้ภัยอย่างมาก ซึ่งนอกจากการรายงานจะช่วยให้ทีมกู้ภัยสามารถทราบสถานการณ์การเกิดอุบัติเหตุได้อย่างรวดเร็วแล้ว ยังช่วยเพิ่มความสะดวกในการรวบรวมและตรวจสอบรายงานการเกิดอุบัติเหตุเพื่อสรุปประจำปีได้อีกด้วย แต่ในการ พัฒนานี้ยังมีข้อจำกัดในด้านของระบบปฏิบัติการบนโทรศัพท์มือถือ เนื่องจากแอพลลิเคชั่นมีเพียงในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เท่านั้น ทำให้ผู้ที่ใช้โทรศัพท์มือถือในระบบปฏิบัติการ IOS ไม่สามารถใช้ได้

6. ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองใช้แอพพลิเคชั่นในการรายงานอุบัติเหตุสามารถเพิ่มควาสะดวกในการรายงานสถานการณ์อุบัติเหตุบนท้องถนน ทั้งนี้ข้อมูลที่จัดเก็บในฐานข้อมูลถูกนำไปใช้ในการรายงานอุบัติเหตุประจำปีเท่านั้น ซึ่งข้อมูลรายงานอุบัติเหตุทางรถยนต์ที่ถูกบันทึกในฐานข้อมูล สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ตำแหน่งของการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดบ่อยครั้งโดยใช้โปรแกรมทางด้าน GIS ในการวิเคราะห์ดังเช่นผลงานของ Saffet Erdogan et al, 2007. ที่นำข้อมูลจากหน่วยงงานจราจรในประเทศตรุกีมาทำการวิเคราะห์ตำแหน่งการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนโดยใช้โปรแกรม GIS ซึ่งทางเราจะนำข้อมูลมาทำการศึกษาในอนาคต เพื่อเป็นข้อมูลให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องใช้เป็นแนวทางในการวางแผนและลดอุบัติเหตุบนท้องถนน

เอกสารอ้างอิง

Lauren Darcey and Shane Conder. (2011). **Sams Teach Yourself Android Application Development in 24 Hours.** United States of America: Sams Publishing.

Paul Deitel, Harvey Deitel and Abbey Deitel. (2015). **Android™ How to Program.** United States of America: Courier Westford.

Saffet Erdogan et al., (2007). Geographical information systems aided traffic accident analysis system case study: city of Afyonkarahisar. **Accident Analysis and Prevention.2008** (40). 174-181.

การพัฒนาPlugin ใน Quantum GIS สำหรับแสดงผลข้อมูลวิดีโอร่วมกับแผนที่

A Development of Quantum GIS Plugin for Displaying Video Data with map

สุชาวดี ศิลปรัตน์และ สรรเพชญ ชื้อนิธิไพศาล
SuchawadeeSillaparatand SanphetChunithipaisan
ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์ 02-218-6660 โทรสาร 02-218-6650
Email: chadee.silla@hotmail.com, sanphet.c@chula.ac.th

บทคัดย่อ

กล้องวิดีโอมีการใช้งานอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ซึ่งข้อมูลวิดีโอที่บันทึกส่วนใหญ่จะถูกเชื่อมต่อกับ GPS ที่ถูกติดตั้งพร้อมกับกล้องวิดีโอ ข้อมูลที่ได้จาก GPS เรียกว่า Logging data จะบันทึกข้อมูลต่างๆ เช่น ตำแหน่งละติจูด ลองจิจูด ความสูง และเวลาบันทึกภาพ (Timestamp) เป็นต้น Timestamp เป็นข้อมูลที่สำคัญในการหาความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งกับภาพวิดีโอช่วยในการแปลงข้อมูลเป็นสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ซึ่งเป็นประโยชน์ในการแสดงผลร่วมกับ GISงานวิจัยนี้กล่าวถึงการพัฒนาเครื่องมือเสริมในรูปแบบปลั๊กอินสำหรับแสดงผลข้อมูลวิดีโอพร้อมกับตำแหน่งการบันทึกภาพ โดยปรับแต่งและเพิ่มเติมจากปลั๊กอินที่มีอยู่เดิมชื่อว่า “Video UAV Tracker” เพื่อสามารถประยุกต์ใช้งานกับLogging data ซึ่งเป็นข้อความที่คั่นด้วยจุลภาค (Delimited Text File) และใช้การคำนวณ Logging Interval เพื่อหาค่า Timestamp และใช้ประมาณค่า (Interpolation) ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและตำแหน่งของเส้นทางการถ่ายภาพกับเฟรมภาพในวิดีโอ

คำสำคัญ :สารสนเทศทางภูมิศาสตร์, วิดีโอ,ควอนตัมจีไอเอส,ปลั๊กอิน, เส้นทางการบันทึกภาพ

ABSTRACT

Recently, video camera is widely used. Most of them are integrated with GPS data, and provide logging data that contains many kind of data such as latitude, longitude, elevation and timestamp. Timestamp is an important data to identify relation between position and video which help transforming data to GIS database. This will be very useful for displaying video data with GIS. This paper presents the development of QGIS plugin to display video data along with tracker. This plugin is developed by extending plugins called “Video UAV Tracker”. This Pluginuses with log file in delimited text format to calculate logging interval for finding timestamp data and interpolating relation between time and position of tracker and video frame.

KEYWORDS :GIS, Video, QGIS, Plugin, Tracker

1. บทนำ

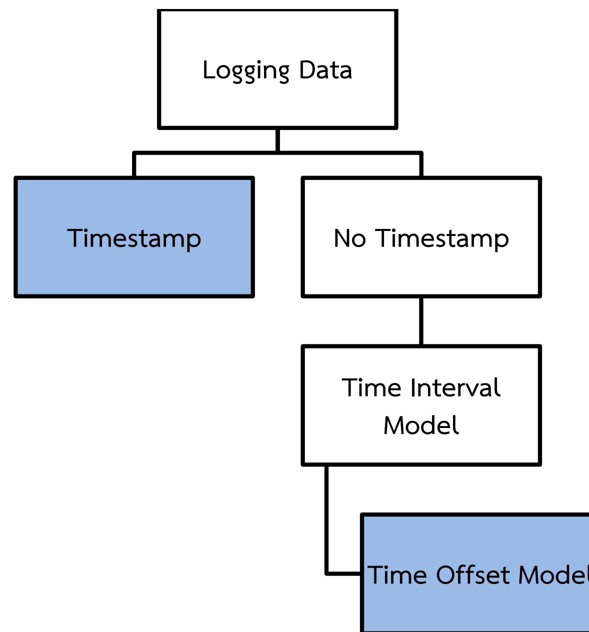
ในปัจจุบันกล้องวิดีโอส่วนใหญ่มีการเก็บข้อมูลที่แตกต่างกันตามลักษณะการใช้งาน เช่น กล้องติดรถยนต์ กล้องติดอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กเป็นต้น กล้องวิดีโอจะมีการติดตั้ง GPS ร่วมอยู่ด้วย ทำให้วิดีโอถูกเชื่อมต่อกับข้อมูล GPS ที่เรียกว่า Logging data ซึ่งจะมีการเก็บบันทึกข้อมูลต่างๆ ของเส้นทางการบันทึกภาพ เช่น ละติจูด ลองจิจูด ความสูง และ Timestamp เป็นต้น การนำเสนอวิดีโอเป็นการนำเสนอข้อมูลที่เป็นจริงและเข้าถึงวัตถุเชิงพื้นที่ได้ง่าย (In, Tae, and Kyung, 2004) ถ้าสามารถทำให้วิดีโอเป็นข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) กล่าวคือ เป็นกระบวนการที่ทำให้ภาพวิดีโอมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งเชิงพื้นที่ด้วยการเชื่อมโยงภาพวิดีโอเข้ากับตำแหน่งการบันทึกภาพจากข้อมูล Logging Dataจะทำให้สามารถกำหนดตำแหน่งของภาพวิดีโอได้กระบวนการเชื่อมโยงภาพวิดีโอให้มีความถูกต้องและมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งของเส้นทางการบันทึกภาพตามความเป็นจริงมากที่สุดจะใช้ข้อมูล Timestampหรือเวลาที่บันทึก (Johansen, 2006) แต่ในบางครั้ง Logging data ไม่ได้บันทึกข้อมูล Timestamp จึงทำให้ไม่สามารถเชื่อมโยงภาพวิดีโอกับเส้นทางการบันทึกภาพได้โดยตรง บทความนี้ใช้การคำนวณค่าออฟเซตเวลา(Time offset)เพื่อใช้แทนค่าTimestampโดยมีสมมติฐานว่า GPS บันทึกข้อมูล Logging data ในระยะห่างของช่วงเวลา (Time Interval) ที่เท่ากันเสมอและใช้ประมาณค่า (Interpolation) ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและตำแหน่งของเส้นทางการบันทึกภาพกับเฟรมภาพในวิดีโอเพื่อให้สามารถเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับทุก Logging data ได้ โดยการพัฒนาเครื่องมือเสริมในรูปแบบปลั๊กอินใน Quantum GIS เพื่อประยุกต์ใช้ในการเชื่อมโยงข้อมูลภาพวิดีโอกับตำแหน่งจาก GPS ซึ่งเป็นการปรับแต่งจากปลั๊กอิน “Video UAV Tracker” ที่เป็นปลั๊กอินในการแสดงวิดีโอพร้อมกับเส้นทางการบินจาก UAV (Agosta, 2012)ปลั๊กอินที่พัฒนาขึ้นนั้นสามารถนำมาใช้งานกับ Logging data ที่อยู่ในรูปแบบของ Delimited Text File นอกจากปลั๊กอินจะสามารถแสดงภาพวิดีโอพร้อมกับข้อมูลตำแหน่งจาก GPS แล้วนั้นยังมีความสามารถในการสร้างชั้นข้อมูลเพื่อบันทึกจุดพิกัดและรูปภาพในตำแหน่งที่สนใจ มีประโยชน์ด้านการทำแผนที่ (Mills, Curtis, Kennedy, and Edwards, 2010) เพื่อใช้ปรับปรุงฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ให้ทันสมัย(Montoya, 2003)

2. วัตถุประสงค์

พัฒนาเครื่องมือสารสนเทศทางภูมิศาสตร์สำหรับแสดงผลข้อมูลวิดีโอร่วมกับแผนที่

3. วิธีการวิจัย

บทความนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาเครื่องมือสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับแสดงผลข้อมูลวิดีโอร่วมกับแผนที่ โดยใช้ข้อมูลจาก Logging data ทั้งที่มีและไม่มีข้อมูล Timestamp หาก Logging data ไม่มีข้อมูล Timestamp จะใช้การคำนวณค่าออฟเซตเวลา(Time offset)เพื่อสนับสนุนการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับทุก Logging data



รูปที่ 1กระบวนการทำงานจากข้อมูล Logging data ที่ได้จาก GPS

3.1 แบบจำลองช่วงเวลา (Time Interval Model)

แบบจำลองช่วงเวลาเป็นการจำลองความถี่จากการบันทึกข้อมูลของ Logging dataโดยมีวิธีการคำนวณระยะห่างของช่วงเวลา(Time interval)โดยมีสมมติฐานว่า Logging data บันทึกข้อมูลในระยะห่างของช่วงเวลาเท่ากันในแต่ละจุดบันทึกภาพเช่น 1 วินาทีต่อ 1 จุด, 2 วินาทีต่อ 1 จุด เป็นต้น ซึ่งคำนวณได้จากการหาเวลาทั้งหมดของวิดีโอ จำนวนจุดทั้งหมด และจำนวนช่วงของจุด เพื่อให้ข้อมูลวิดีโอมีความสัมพันธ์กับข้อมูลจาก Logging data

สมการ:

$$Time\ Interval = \frac{T}{N-1} \tag{1}$$

T = เวลาของวิดีโอ (วินาที)

N = จำนวนรายการ (จุด) ที่บันทึกใน Logging data

3.2 แบบจำลองออฟเซตเวลา (Time Offset Model)

แบบจำลองออฟเซตเวลาเป็นการจำลองการสะสมค่าระยะห่างของช่วงเวลาตั้งแต่จุดแรกจนถึงจุดสุดท้ายจากการบันทึกข้อมูลของ Logging data โดยอ้างอิงกับเวลาที่เริ่มต้นของวิดีโอ(เวลาที่ 0) กล่าวคือ การบันทึกข้อมูลจุดแรกของ Logging dataจะเทียบกับเวลาเริ่มต้นของวิดีโอเสมอ ซึ่งเป็นการทำให้ข้อมูลของ Logging data และภาพวิดีโอมีความสัมพันธ์กัน การจำลองการสะสมค่าของช่วงเวลาเป็นค่าข้อมูลที่สำคัญในการเชื่อมโยงข้อมูล Logging data กับเวลาของวิดีโอ โดยจะต้องมีค่าสะสมของเวลาทั้งหมดเท่ากับเวลาของวิดีโอเสมอ เช่น หากเวลาของวิดีโอมีระยะเวลา 0 - 120 วินาที ค่าของ time offset ก็จำเป็นต้องมีค่าตั้งแต่ 0 - 120 วินาทีเช่นกัน

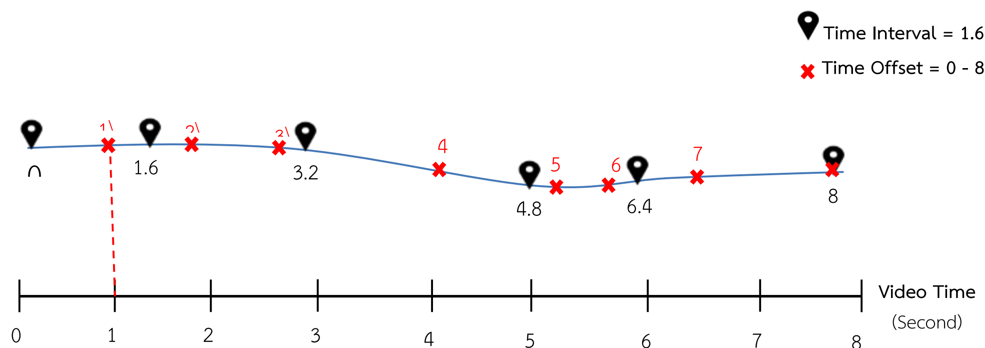
สมการ:

$$Time\ Offset_i = (i-1)\ x\ Time\ Interval \tag{2}$$

i = ลำดับรายการ (จุด) ที่บันทึกใน Logging data

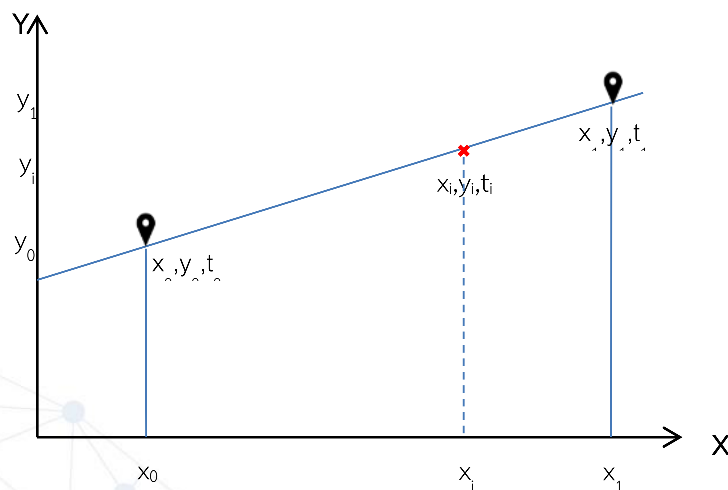
3.3 กระบวนการเชื่อมโยงภาพวิดีโอกับเส้นทางการบันทึกภาพ

การเชื่อมโยงภาพวิดีโอกับเส้นทางการบันทึกภาพ เป็นการเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลเวลาของวิดีโอกับข้อมูลเวลาจาก Logging data ซึ่งใช้ค่า Time offset จากการคำนวณTime Interval Model และ Time Offset Model เนื่องจากอุปกรณ์การบันทึกข้อมูลโดยทั่วไปจะกำหนดให้มีการบันทึกข้อมูลในช่วงเวลาที่กำหนดไว้ โดยช่วงเวลาการบันทึกนี้สามารถคำนวณได้จาก Time Interval Model ซึ่งทำให้เชื่อมโยงกับเฟรมการบันทึกวิดีโอได้จากค่าออฟเซตเวลา (Time offset) ซึ่งค่า Time offset นี้เปรียบได้กับ Timestamp โดยนับจากจุดแรกที่มีการบันทึกข้อมูลเป็นเวลาที่ 0 นั่นเอง ซึ่งเราจะได้จุดพิกัดของการบันทึกข้อมูลและเวลาของการบันทึก ณ จุดนั้นการหาตำแหน่งพิกัดที่อยู่ระหว่างเวลาของ Time offset ใช้วิธีการ Linear Interpolation เพื่อหาค่าพิกัดที่อยู่ระหว่างเวลาที่ทำการบันทึก ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แนวคิดการเชื่อมโยงภาพวิดีโอกับเส้นทางการบันทึกภาพ

การคำนวณหาค่าพิกัดที่อยู่ระหว่างจุดที่บันทึกข้อมูล ใช้การประมาณค่าในช่วงแบบเส้นตรงจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าพิกัดและค่า Time offset ของจุดสองจุด



รูปที่ 3การคำนวณค่าพิกัดใหม่จากการประมาณค่าในช่วงแบบเส้นตรง

สมการ:

$$\Delta t = t1 - t0 \quad (3)$$

$$\Delta x = x1 - x0 \quad (4)$$

$$\Delta y = y1 - y2 \quad (5)$$

$$\Delta ti = ti - t0 \quad (6)$$

$$\Delta xi = \Delta x * (\Delta ti/\Delta t) \quad (7)$$

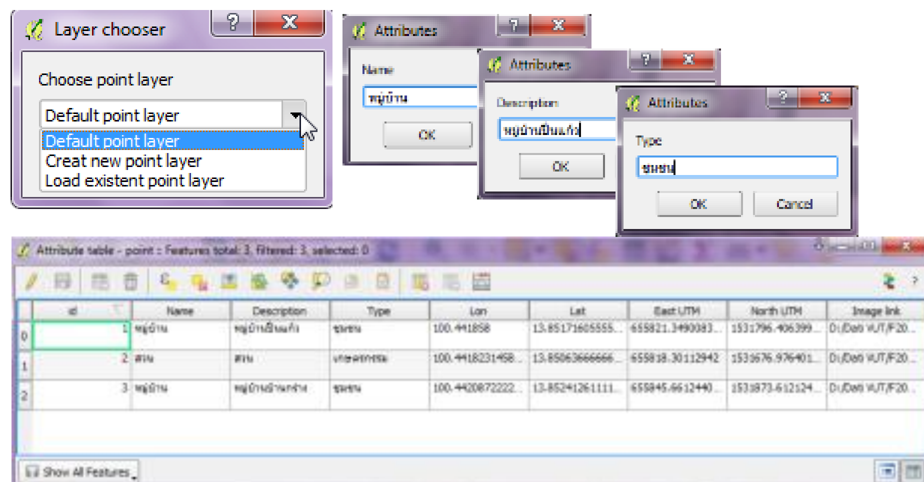
$$\Delta yi = \Delta y * (\Delta ti/\Delta t) \quad (8)$$

$$xi = x0 + \Delta xi \quad (9)$$

$$yi = y0 + \Delta yi \quad (10)$$

3.4 เครื่องมือการปรับปรุงข้อมูลจากความสัมพันธ์ของภาพวิดีโอและตำแหน่งการบันทึกภาพ

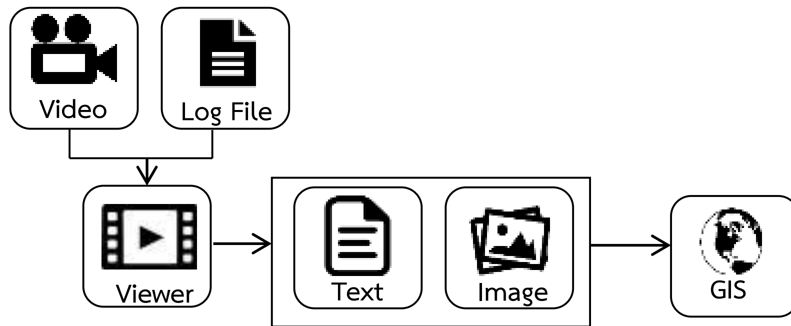
เมื่อทำการเชื่อมโยงภาพวิดีโอกับตำแหน่งการบันทึกภาพแล้วนั้น สามารถเพิ่มหรือปรับปรุงข้อมูลจากการมองผ่านภาพวิดีโอด้วยการบันทึกตำแหน่งที่สนใจ โดยผู้ใช้สามารถเลือกการการเพิ่มหรือปรับปรุงข้อมูลได้ 3 แบบ คือ 1) สร้างชั้นข้อมูลใหม่โดยปริยาย (Default) 2) สร้างชั้นข้อมูลใหม่โดยกำหนดเอง และ 3) ปรับปรุงชั้นข้อมูลที่มีอยู่เดิมโดยสามารถเลือกตำแหน่งที่สนใจจากแนวเส้นทางการถ่ายภาพ หรือจากหน้าจอแสดงผลวิดีโอ และมีเครื่องมือในการบันทึกข้อมูล ณ ตำแหน่งที่สนใจพร้อมกับดึงเฟรมภาพวิดีโอในตำแหน่งนั้นๆ เพื่อสามารถนำมาอ้างอิงเพื่อตรวจสอบสภาพพื้นที่ได้ในภายหลัง



รูปที่ 4ตารางบันทึกข้อมูลจากตำแหน่งที่สนใจ

3.5 การออกแบบโครงสร้างการทำงานของปลั๊กอิน

การพัฒนาเครื่องมือเสริมในรูปแบบปลั๊กอินด้วยภาษาไพธอน บน Quantum GIS ด้วยการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการบันทึกภาพ จะใช้การประมาณค่าในช่วงของเส้นทางการบันทึกภาพโดยใช้วิธี Linear Interpolation จากข้อมูล Timestamp หรือ ค่าTime offset วิธีการสร้างข้อมูลการจัดเก็บชั้นข้อมูลจากจุดที่สนใจสามารถเพิ่มข้อมูลโดยบันทึกจุดพิกัดพร้อมรูปภาพจากการกำหนดบนหน้าจอแผนที่หรือผ่านการมองจากวิดีโอ จากนั้นสามารถนำข้อมูลออกเป็น Text File เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งานด้าน GIS ต่อไป

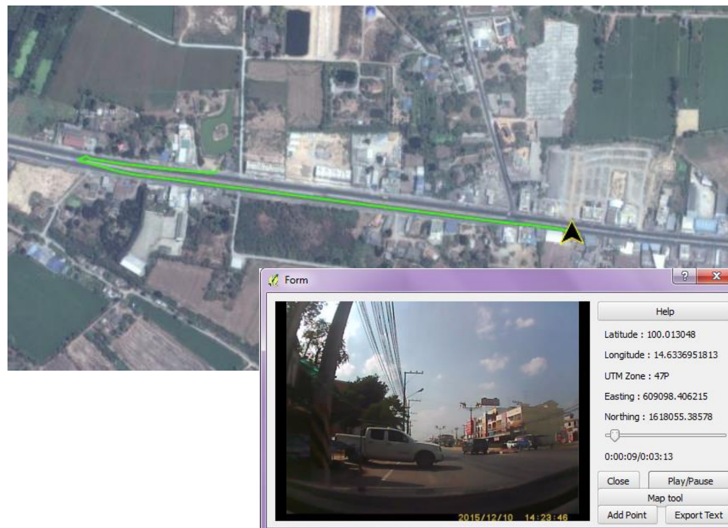


รูปที่ 5โครงสร้างการทำงานของปลั๊กอิน

4. ผลการวิจัย

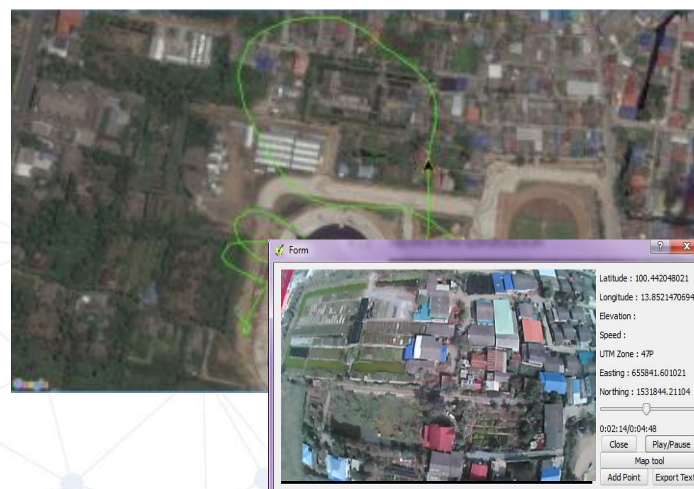
4.1 ข้อมูลวิดีโอและ Logging data ที่ใช้สำหรับการทดสอบการใช้งานปลั๊กอินมีดังต่อไปนี้

4.1.1 กล้องติดรถยนต์



รูปที่ 6เส้นทางการบันทึกภาพจากกล้องติดรถยนต์

4.1.2 กล้องติดอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก



รูปที่ 7เส้นทางการบันทึกภาพจากกล้องติดอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก

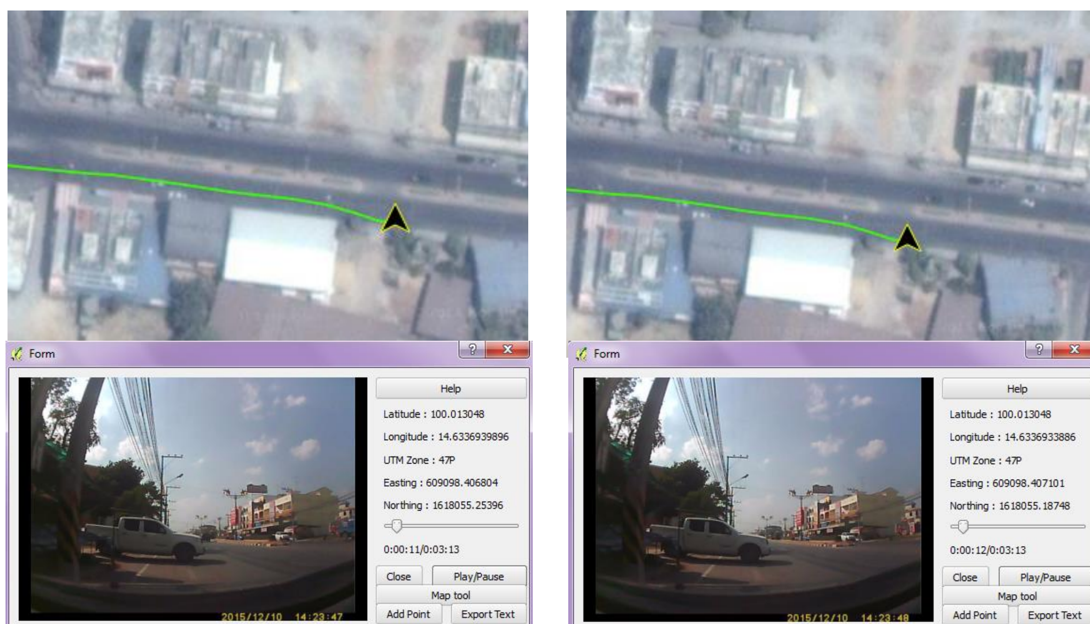
4.2 ผลการประเมินความถูกต้องของตำแหน่ง

ในการทดสอบการทำงานของปลั๊กอินโดยใช้ข้อมูลจากเส้นทางการบันทึกภาพจากกล้องติดรถยนต์ มีการคำนวณค่า Time Interval ได้เท่ากับ 1.6638 วินาที โดยคำนวณจาก เวลาของวิดีโอเท่ากับ 193วินาที และมีจำนวนจุดบันทึกค่าพิกัดเท่ากับ 116จุด ดังตาราง

POINT	LATITUDE	LONGITUDE	TIME INTERVAL	TIME OFFSET
0	100.013052	14.633709	1.6638	0.0000
1	100.013053	14.633706	1.6638	1.6638
2	100.013050	14.633704	1.6638	3.3276
3	100.013047	14.633701	1.6638	4.9914
4	100.013047	14.633699	1.6638	6.6552
5	100.013048	14.633696	1.6638	8.3190
...	...	...	...	...
..	...	...	...	...
111	100.007372	14.634630	1.6638	184.6810
112	100.007387	14.634636	1.6638	186.3448
113	100.007394	14.634638	1.6638	188.0086
114	100.007394	14.634638	1.6638	189.6724
115	100.007395	14.634640	1.6638	191.3362

ตาราง 1ข้อมูลจาก Logging data ที่นำมาคำนวณค่าช่วงเวลา และค่าออฟเซตเวลา

การคำนวณการประมาณค่าในช่วงแบบเส้นตรงของตำแหน่งเส้นทางการบันทึกภาพ เป็นการคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างค่าพิกัดและค่าออฟเซตเวลา (Time offset) ของ Logging data โดยสัญลักษณ์แสดงตำแหน่งจะเคลื่อนที่มีระยะห่าง 1 วินาที เท่ากับ ระยะห่าง 1 วินาทีของวิดีโอในกรณีที่ตำแหน่งพิกัดซ้ำอยู่ที่เดิมหรือใกล้เคียงกัน สัญลักษณ์แสดงตำแหน่งก็จะซ้ำหรืออยู่ตำแหน่งใกล้เคียงเช่นกัน เนื่องจากใช้การประมาณค่าจากค่าออฟเซตเวลา ดังรูป

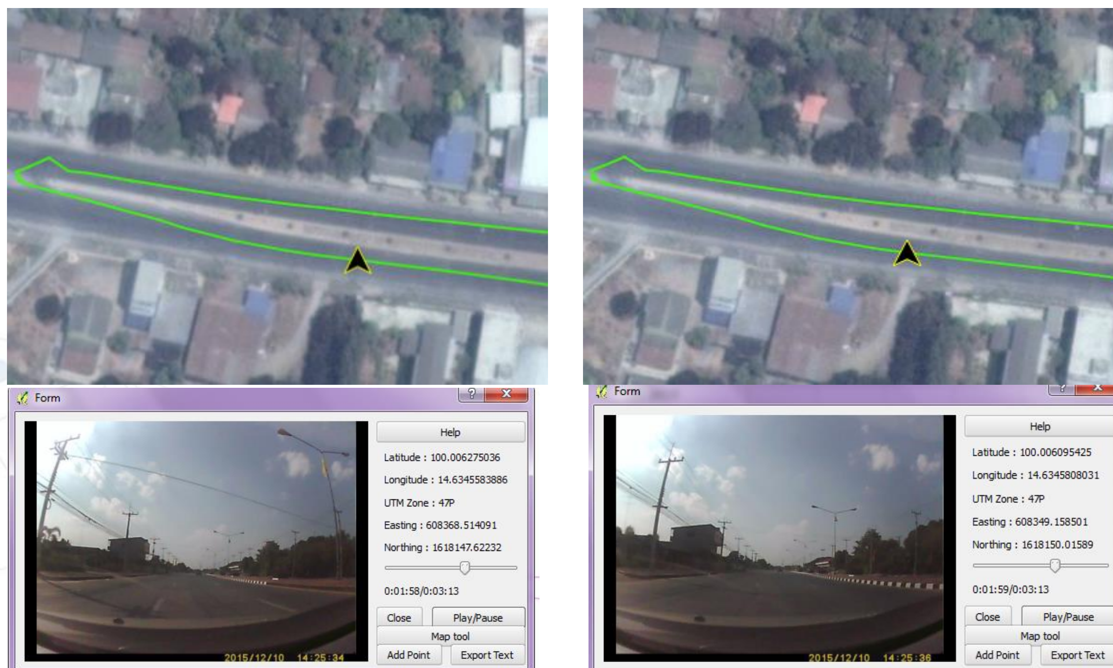


POINT	LATITUDE	LONGITUDE	TIME INTERVAL	TIME OFFSET
6	100.013048	14.633694	1.6638	9.9828
	100.031048	14.633693	1	11
7	100.013048	14.633693	1.6638	11.6466
	100.013048	14.633693	1	12
8	100.013048	14.633692	1.6638	13.3103

รูปที่ 8ผลการทดสอบการประมาณค่าในช่วงแบบเส้นตรงจากค่าออฟเซตเวลา ในกรณีที่ค่าพิกัดซ้ำหรือใกล้เคียงกัน

จากรูปข้างต้นจะเห็นว่า วินาทีที่ 11 และ 12 สัญลักษณ์แสดงตำแหน่งการบันทึกภาพไม่เคลื่อนที่หรือซ้ำอยู่ที่เดิม เนื่องจากค่าพิกัดละติจูดและลองจิจูดของวินาทีที่ 11 เกิดจากการประมาณค่าในช่วงจากค่าออฟเซตเวลาใกล้เคียงกับวินาทีที่ 11 คือเวลาที่ 9.9828วินาที และ 11.6466วินาที ของจุดที่ 6 และ 7 ตามลำดับ และค่าพิกัดละติจูดและลองจิจูดของวินาทีที่ 12 เกิดจากการประมาณค่าในช่วงจากค่าออฟเซตเวลาที่ 11.6466วินาที และ 13.3103วินาที ของจุดที่ 7 และ 8 ตามลำดับ ซึ่งค่าพิกัดละติจูดและลองจิจูดของเวลาทั้งสองอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกันมาก จึงทำให้ตำแหน่งที่ประมาณค่าแล้วนั้นซ้ำอยู่ที่เดิม

ในกรณีที่มีการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ สัญลักษณ์แสดงตำแหน่งของจุดบันทึกภาพก็จะเคลื่อนที่ตามการประมาณค่าในช่วงแบบเส้นตรงจากค่าออฟเซตเวลาโดยเป็นการคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างค่าพิกัดและค่าออฟเซตเวลา ดังรูป



POINT	LATITUDE	LONGITUDE	TIME INTERVAL	TIME OFFSET
70	100.006338	14.634551	1.6638	116.4655
	100.006275	14.634558	1	118
71	100.006142	14.634574	1.6638	118.1293
	100.006055	14.634580	1	119
72	100.006053	14.634587	1.6638	119.7931

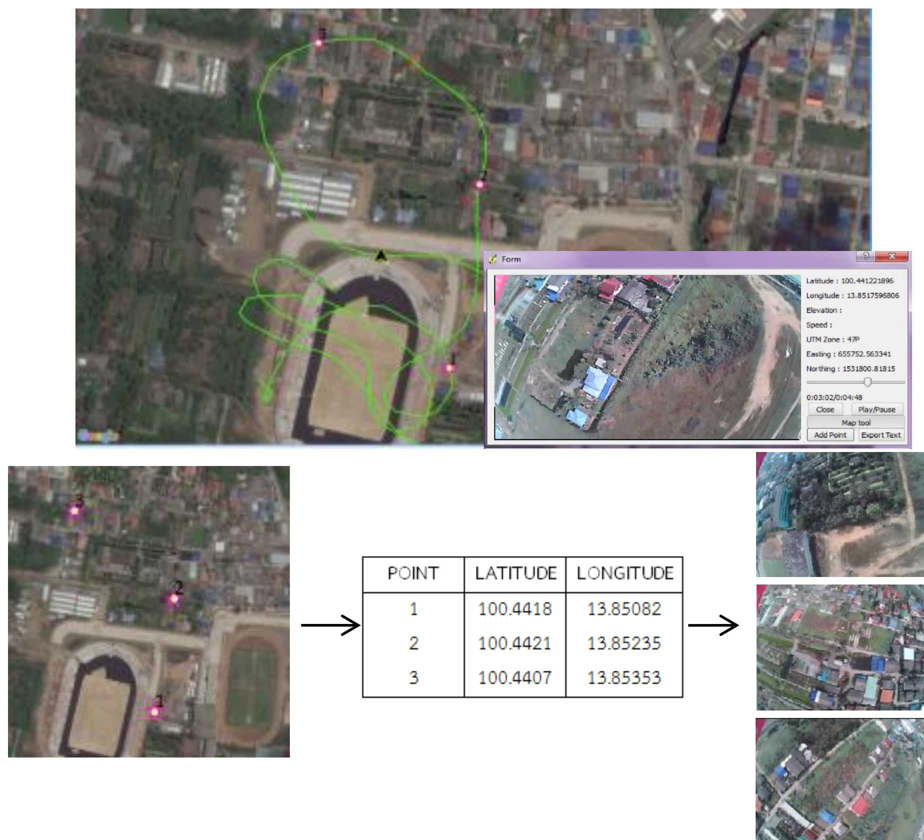
รูปที่ 9ผลการทดสอบการประมาณค่าในช่วงแบบเส้นตรงจากค่าออฟเซตเวลา ในกรณีที่ค่าพิกัดไม่ซ้ำกัน

จากรูปข้างต้นจะเห็นได้ว่ามีการเคลื่อนที่ของสัญลักษณ์แสดงตำแหน่งการบันทึกภาพ เนื่องจากค่าพิกัดของละติจูดและลองจิจูดของวินาทีที่ 118 เกิดจากการประมาณค่าในช่วงแบบเส้นตรงจากค่าออฟเซตเวลาระหว่างเวลาที่ 116.4655 วินาที และ 118.1293 วินาที ของจุดที่ 70 และ 71 ตามลำดับ ซึ่งค่าพิกัดของทั้งสองจุดไม่ซ้ำกันทำให้มีระยะห่างจากกัน เช่นเดียวกับการประมาณค่าในช่วงแบบเส้นตรงจากค่าออฟเซตเวลาของวินาทีที่ 119 ที่เป็นการประมาณค่าระหว่างค่าออฟเซตเวลาที่ 118.1293 วินาที และ 119.7931 วินาที ของจุดที่ 71 และ 72 ตามลำดับ

Logging data จะต้องประมาณค่าช่วงเวลา (Time Interval) ให้มีค่าระยะห่างของเวลาเท่ากับ 1 วินาที ซึ่งจะเท่ากับ ระยะห่างของเวลาในการเลือกเฟรมภาพวิดีโอเสมอการใช้วิธีการประมาณค่าในช่วงแบบเส้นตรงจากการทดสอบนี้จึงเป็นการประมาณค่าในช่วงระยะทางที่สั้นมากจนอาจไม่มีความสำคัญมากในเชิงตำแหน่งเมื่อมองด้วยสายตา เพราะเป็นการประมาณค่าในช่วงแต่ละส่วน (Segment) สั้นๆ

4.3 ผลการทดสอบการเชื่อมโยงภาพวิดีโอกับเส้นทางการบันทึกภาพ

ผลการทดสอบเครื่องมือปลั๊กอินจากวิดีโอและ Logging data ของกล้องติดรถยนต์และกล้องติดอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้องจากการประมาณค่าของตำแหน่ง โดยใช้การเปรียบเทียบข้อมูลพิกัดที่ประมาณค่าตำแหน่งใหม่กับข้อมูลพิกัดที่อยู่ระหว่างการประมาณค่า ทำให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์และสอดคล้องกันระหว่างตำแหน่งการบันทึกภาพของ Logging data กับเฟรมภาพของวิดีโอ ผลการบันทึกข้อมูลจุดที่สนใจก็สามารถบันทึกพิกัดพร้อมกับ Snapshot ภาพวิดีโอ ณ ตำแหน่งนั้นๆได้จากการเลือกกำหนดจากตำแหน่งบนแผนที่และภาพวิดีโอ เพื่อสามารถนำมาใช้อ้างอิงหรือตรวจสอบพื้นที่ในรูปแบบของ GIS ได้ในภายหลัง



POINT	LATITUDE	LONGITUDE
1	100.4418	13.85082
2	100.4421	13.85235
3	100.4407	13.85353

รูปที่ 10ผลการทดสอบการเชื่อมโยงการแสดงผลข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการบันทึกภาพ

5. วิจารณ์ผลและสรุป

ผลลัพธ์จากการทดสอบปลั๊กอินบรรลุตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่ตั้งไว้ ในการพัฒนาเครื่องมือสารสนเทศทางภูมิศาสตร์สำหรับแสดงผลข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการบันทึกภาพซึ่งการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการบันทึกภาพจากค่าพิกัดที่บันทึกนับว่าเป็นเทคโนโลยีที่ช่วยในการแปลงข้อมูลสู่สารสนเทศมีประโยชน์ในการใช้งานด้าน GIS ในการสำรวจพื้นที่และเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อสร้างและปรับปรุงฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ หรือ GIS Database ให้เป็นปัจจุบัน ปลั๊กอินที่พัฒนาขึ้นนี้ชื่อว่า “CU-Video Tracker”เผยแพร่ให้สามารถดาวน์โหลดใช้งานปลั๊กอินได้ในเว็บไซต์ของ Quantum GIS Plugin

เนื่องด้วยในปัจจุบันเทคโนโลยีกล้องถ่ายวิดีโอที่บันทึกข้อมูล GPS เป็นเทคโนโลยีที่มีราคาถูกและหาซื้อได้ง่ายในท้องตลาด เครื่องมือกระจายไปในหลากหลายกลุ่มผู้ใช้งาน เช่น นักปั่นจักรยาน นักวิ่งมาราธอน ผู้ขับขี่จักรยานยนต์ ผู้ขับรถยนต์ เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าเทคโนโลยีมีความพร้อมและเข้าถึงได้ทุกกลุ่มผู้ใช้งาน นอกจากนี้ยังพบว่ามีการแชร์ข้อมูลดังกล่าวในสังคมออนไลน์จำนวนมาก ด้วยปลั๊กอินดังกล่าวจะเพิ่มประโยชน์กับภาพวิดีโอให้สามารถเชื่อมโยงเข้ากับตำแหน่งพิกัดการบันทึกข้อมูลและแสดงผลในระบบ GIS นับว่าเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเทคโนโลยีที่มีอยู่แล้วในท้องตลาด

6. ข้อเสนอแนะ

การทดสอบการใช้งานปลั๊กอินกับข้อมูลวิดีโอและเส้นทางการบันทึกภาพ งานวิจัยนี้ทดสอบจากกล้องติดรถยนต์และกล้องติดอากาศยานไร้คนขับ หากมีการบันทึกภาพเคลื่อนไหวที่ติดตั้งบนยานพาหนะเคลื่อนที่อื่นๆ เช่น เรือ รถไฟ เป็นต้น ก็สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานกับปลั๊กอินนี้ได้ ซึ่งการแสดงผลของปลั๊กอินช่วยรองรับการแสดงผลวิดีโอกับ GIS นั้นช่วยเพิ่มประโยชน์ในการใช้งานวิดีโอได้มากยิ่งขึ้นแก่หลายหน่วยงานได้เช่น กรมทางหลวง กรมการรถไฟ และกรมเจ้าท่า เป็นต้น ในการดูสภาพการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ และเทคโนโลยีที่ใช้เป็นกล้องวิดีโอที่มีราคาถูกและใช้งานได้ง่าย เช่น กล้องติดรถยนต์สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานกับยานพาหนะอื่นๆ ได้

เอกสารอ้างอิง

Agosta, S (2012). **Video UAV Tracker**, Retrieved December 10, 2014, from https://plugins.qgis.org /plugins/Video_UAV_Tracker

In, H. J., Tae, H. H., and Kyung, H. C., (2004). **Generation of video metadata supporting video - GIS integration**. In: International conference on Image Processing (ICIP), Retrieved November 1, 2015, from:http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1421398&tag=1

Johansen, D(2006). **Video stabilization and target locationlization using feature tracking with small UAV video**, Retrieved November 1, 2015, from:http://www.et.byu.edu/~beard/papers/thesis/DaveJohanson.pdf

Mills, /Jacqueline W., Curtis, A., Kennedy, B.W, and Edwards, /Jay D (2010). **Geospatial video for field data collection**, Retrieved November 1, 2015, from:http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622810000342

Montoya, L (2003). **Geo-data acquisition through mobile GIS and digital video: an urban disaster management perspective**, Retrieved November 1, 2015, from:http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815203001051

เครื่องมือเพิ่มความเข้มแข็งในงานควบคุมโรคไข้เลือดออก ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บ

Strengthening Tool for Dengue Control through Web GIS

ศักดิ์ดา หอมหวล[1], ชิงชัย หุมห้อง[2], ชฎา ณรงค์ฤทธิ์[2,3],
ชญานินท์ ประทุมสูตร[4],
Sakda Homhuan[1], Chingchai Humhong[2],
Chada Narongrit[2,3], Chayanin Pratoomsoot[4]
[1]คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
[2]สถานภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ ภาคเหนือตอนล่าง มหาวิทยาลัยนเรศวร
[3]คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
[4]คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Corresponding author: chayaninp@nu.ac.th

บทคัดย่อ

การออกแบบและพัฒนาระบบภูมิสารสนเทศด้านสุขภาพและสาธารณสุขผ่านเว็บในลักษณะแบบจากบนสู่ล่าง (Top Down Approach) นั้นมักไม่ตอบโจทย์การทำงานจริงในระดับพื้นที่ โรคไข้เลือดออกเป็น 1 ใน 10 โรคที่สำคัญในเขตสุขภาพที่ 2 ดังนั้น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบแผนที่เฝ้าระวังสถานการณ์โรคไข้เลือดออกผ่านเว็บโดยใช้ซอฟต์แวร์รหัสเปิดGeoServerวิธีการศึกษาครั้งนี้ใช้การสืบค้นและวิเคราะห์ระบบแผนที่ภูมิสารสนเทศโรคไข้เลือดออกบนเว็บด้วย Search Engine ของ Google โดยใช้คำสำคัญ (Key Words) 2 คำ คือ Dengue Web Map Service/Server (WMS) และ Dengue Internet GIS เพื่อคัดเลือก 30 เว็บแรกที่ปรากฏขึ้น จากผลการสืบค้นทีมผู้วิจัยได้วิเคราะห์ระดับการนำเทคโนโลยีเว็บภูมิสารสนเทศมาใช้กับโรคไข้เลือดออก ก่อนจะนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ความสอดคล้องกับความต้องการใช้งานของผู้บริหารและเจ้าหน้าที่สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 2 จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งเป็นผู้ใช้หลัก ผลการดำเนินงานวิจัยและพัฒนาทำให้ได้ระบบแผนที่ชื่อ “ตามดูรู้ทันโรคไข้เลือดออกด้วยระบบแผนที่ออนไลน์” ดังปรากฏที่เว็บไซต์ http://www.map.nu.ac.th/map/dengue/ ความสามารถหลัก ๆ ของระบบมีดังนี้ (1) นำเข้าข้อมูลจากรายงาน 506 เพื่อรายงานสถานการณ์โรคไข้เลือดออกให้เป็นปัจจุบันได้ตามความต้องการ (2) คำนวณโดยอัตโนมัติเพื่อแสดงอัตราป่วยต่อแสนประชากรในรูปแผนที่ Choropleth (3) แสดงการกระจายตัวของอัตราป่วยตามช่วงเวลาที่สนใจ (4) ใช้สืบค้นทั้งเชิงเนื้อหา เชิงพื้นที่ และเชิงเวลาได้ (5) เปรียบเทียบจำนวนผู้ป่วยรายสัปดาห์กับเส้นเป้าหมาย และ(6) รองรับการร้องขอความต้องการฉีดพ่นควบคุมยุงลายจากประชาชนผ่าน Mobile Web App ความสามารถของระบบที่พัฒนาขึ้นนี้นับเป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจเชิงพื้นที่ในการวางแผนป้องกันและควบคุมโรค รวมทั้งการตอบโต้ภาวะฉุกเฉินสำหรับใช้เพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติงานบนชุดข้อมูลเดียวกันระหว่างหน่วยงานในพื้นที่ จากผลการดำเนินงาน ทำให้เกิดการขยายความร่วมมือในการพัฒนาต่อยอดโปรแกรมระบบภูมิสารสนเทศไข้เลือดออกผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ในระยะต่อไป

คำสำคัญ:โรคไข้เลือดออกระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ภูมิสารสนเทศแผนที่บนเว็บอินเทอร์เน็ตซอฟต์แวร์รหัสเปิด

ABSTRACT

The top-down approach to the design and development of internet-based GIS for public health applications may not be the best solutions for local use. Dengue is recognized as one of the top 10 priorities in Health Region 2. This study aimed to develop an Internet GIS Surveillance System for dengue control in this region, by employing GeoServer as an open

source software. A brief literature search was carried out with 2 key search terms (Dengue Web Map Service/Server (WMS) and Dengue Internet GIS).We screened the first 30 hits to analyze GIS applications in dengue.From which, we matched the needs and requirements of primary users from the Office of Disease Prevention and Control 2, Phitsanulokprior to the development of the system. The developed system is coined, "Keep your eyes on dengue with onlinemap", which can be accessed at http://www.map.nu.ac.th/map/dengue/. The main functionalities of the system are 1) update surveillance data; 2) automatically calculate prevalence and display as choropleth maps; 3) show disease patterns; 4) display surveillance data according to disease codes, areas, and time periods; 5) compare number of cases with target line; and 6) evaluate theneed from the public for mosquito fogging through a Mobile Web App. Importantly, the system functions as a decision-making tool in emergency response for public health professionals across the region.

KEY WORDS: Dengue; Geographic Information Systems; Web Map; Internet; Open Source Software

1. บทนำ

ปัจจุบันหนึ่งในสามของประชากรโลกที่อาศัยอยู่ในเขตร้อนยังคงเผชิญปัญหาความเจ็บป่วยและเสียชีวิตจากโรคไข้เลือดออกในทุกๆ ปี จากรายงานของศูนย์ป้องกันและควบคุมโรคของสหรัฐอเมริกา(Centers for Disease Control and Prevention: CDC)พบว่าแต่ละปีมีผู้ติดเชื้อโรคไข้เลือดออกประมาณ 400 ล้านคน (Centers for Disease Control and Prevention, 2015) โดยมียุงลายเป็นพาหะนำเชื้อไวรัสเดงกี่ (Dengue) ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 serotypes แพร่กระจายมาสู่คน ปัจจุบันยังไม่มีวัคซีนป้องกันการติดเชื้อไข้เลือดออก ดังนั้น แนวทางป้องกันที่ดีที่สุดในขณะนี้คือการให้ความรู้ในการป้องกันไม่ให้ถูกยุงกัด และกำจัดแหล่งอาศัยและเพาะพันธุ์ของยุงลายการสร้างความตระหนักรู้สถานการณ์โรคไข้เลือดออกจึงมีความสำคัญในการป้องกันและควบคุมการระบาดของโรคด้วยเหตุนี้ หลายหน่วยงานในต่างประเทศจึงได้มีการเผยแพร่ข้อมูลเฝ้าระวังโรคเพื่อให้ประชาชนได้รับรู้ถึงสถานการณ์โรคในพื้นที่ และตื่นตัวเพื่อป้องกันตัวเองจากโรคไข้เลือดออก

สำหรับประเทศไทย สำนักงานป้องกันควบคุมโรคเป็นหน่วยงานที่ได้รับมอบหมายให้ติดตามและควบคุมการแพร่ระบาดของโรคติดต่อโดยมีสำนักงานจัดตั้งอยู่ในส่วนภูมิภาคต่างๆ ของประเทศรวม13 แห่ง (กรมควบคุมโรค, 2558)ในเขตภาคเหนือตอนล่างมีสำนักงานป้องกันและควบคุมโรคที่ 2 จังหวัดพิษณุโลก (สคร.2) รับผิดชอบพื้นที่ 5 จังหวัด ได้แก่ ตาก สุโขทัย พิษณุโลก อุตรดิตถ์ และเพชรบูรณ์ โดยมีโรคไข้เลือดออกเป็น 1 ใน 10 อันดับแรกของโรคติดต่อที่เฝ้าติดตามทุกปี (สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 2 จังหวัดพิษณุโลก, 2558)ที่ผ่านมาสคร.2 ได้นำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์หรือ Geographic Information Systems (GIS)มาใช้เป็นเครื่องมือในการติดตามการระบาดของโรคไข้เลือดออกเพื่อช่วยให้เห็นถึงการกระจายของโรคเชิงพื้นที่ในภาพรวมแต่อย่างไรก็ตามการจัดการข้อมูลยังมีความล่าช้า ไม่ทันต่อการรายงานสถานการณ์โรค และการเข้าถึงของประชาชนทั่วไปในการรับรู้สถานการณ์โรค

ปัจจุบันอินเทอร์เน็ตเป็นเครื่องมือสื่อสารที่สำคัญเพราะนอกจากสามารถเชื่อมโยงข้อมูลกันได้อย่างรวดเร็วแล้วยังสามารถเผยแพร่ข้อมูลได้เป็นวงกว้าง ในช่วง 10 ปี ที่ผ่านมา GIS ถูกพัฒนาให้สามารถทำงานผ่านอินเทอร์เน็ตในรูปแบบระบบแผนที่บนเว็บ(Web GIS)จึงทำให้เกิดการใช้ระบบWeb GIS อย่างกว้างขวางในกรณีงานระบาดวิทยาโรคไข้เลือดออก ได้มีการพัฒนาระบบแผนที่โรคไข้เลือดออกบนเว็บ (Centers for Disease Control and Prevention, 2015; World Health Organization, 2012; National Environmental Agency, 2013; Secretariat of the Pacific Community, 2015; Clarkson, 2013) ซึ่งส่วนหนึ่งเกิดจากการมีซอฟต์แวร์รหัสเปิด (Open Source Software)ที่สามารถนำมาใช้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย นอกจากนี้Web GIS ยังสามารถทำงานผ่านอุปกรณ์อื่น ๆ ที่นอกเหนือจากเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่ และอุปกรณ์ Location-Enabled Devices

ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบ Web GIS สำหรับเฝ้าระวังสถานการณ์โรคไข้เลือดออกในเขตสุขภาพที่ 2อันจะเป็นเครื่องมือเพิ่มความเข้มแข็งในงานควบคุมป้องกันโรคไข้เลือดออกของหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้องต่อไป

2. วัตถุประสงค์

เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบแผนที่เฝ้าระวังสถานการณ์โรคไข้เลือดออกผ่านเว็บโดยใช้ซอฟต์แวร์รหัสเปิด

3. วิธีการวิจัย

3.1 การวิเคราะห์ระบบแผนที่โรคไข้เลือดออกที่เผยแพร่อยู่ในปัจจุบัน และวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้

วิธีการศึกษาครั้งนี้ใช้การสืบค้นและวิเคราะห์ระบบแผนที่ภูมิสารสนเทศโรคไข้เลือดออกบนอินเทอร์เน็ตด้วย Search Engine ของ Google โดยใช้คำสำคัญ (Key Words) 2 คำ คือ Dengue Web Map Service/Server (WMS) และ Dengue Internet GIS เพื่อคัดเลือก 30 เว็บแรกที่ปรากฏขึ้น ผู้วิจัยได้นำผลจากการสืบค้นมาวิเคราะห์การนำเทคโนโลยีเว็บภูมิสารสนเทศมาใช้กับโรคไข้เลือดออกและนำผลที่ได้ไปสอบถามความต้องการใช้งานของผู้บริหารและเจ้าหน้าที่สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 2 จังหวัดพิษณุโลก

3.2 การรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลการรายงานโรคที่ต้องเฝ้าระวังทางระบาดวิทยา (รายงาน 506: รง.506)มีการบันทึกเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลส่วนกลางของกระทรวงสาธารณสุขโดยกำหนดผู้ให้บริการตามสถานบริการสาธารณสุขเมื่อพบโรคหรือปัญหาที่อยู่ในข่ายการเฝ้าระวัง ให้ทำการบันทึกข้อมูลตามบัตรรายงานแล้วรวบรวมส่งต่อไปหน่วยงานที่เกี่ยวข้องตามเครือข่ายการเฝ้าระวังเช่น ข้อมูลผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกจะถูกบันทึกโดยโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล (รพ.สต.) โรงพยาบาลชุมชน (รพช.)โรงพยาบาลจังหวัด และโรงพยาบาลศูนย์ แล้วส่งไปยังสำนักงานสาธารณสุขอำเภอ (สสอ.) และสำนักงานสาธารณสุขจังหวัด (สสจ.) ก่อนถูกส่งต่อไปยังสำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข ทั้งนี้ สสจ. ของแต่ละจังหวัด จะส่งข้อมูลไปยังสำนักงานป้องกันควบคุมโรคในเครือข่ายเขตสุขภาพเพื่อสนับสนุนการป้องกันควบคุมโรคในพื้นที่ ซึ่งในเขตสุขภาพที่ 2 มีสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 2 จังหวัดพิษณุโลก เป็นหน่วยงานหลักที่มีหน้าที่รับผิดชอบ 5 จังหวัด ในเขตภาคเหนือตอนล่าง (ตาก สุโขทัย พิษณุโลก อุตรดิตถ์ และเพชรบูรณ์) (สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 2 จังหวัดพิษณุโลก,2558)

ข้อมูลผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกซึ่งเป็น 1 ในโรคที่ถูกบันทึกในฐานข้อมูลเฝ้าระวังทางระบาดวิทยา รง.506ที่นำมาใช้ในการศึกษานี้ได้ผ่านการลบรายละเอียดของข้อมูลส่วนตัวของผู้ป่วย เช่น ชื่อ-นามสกุล บ้านเลขที่ เพื่อเป็นการพิทักษ์สิทธิ แต่คงไว้เฉพาะชื่อหมู่บ้านเพื่อนำไปเชื่อมโยง (Join) กับชั้นข้อมูลขอบเขตการปกครอง ประกอบด้วย ตำแหน่งหมู่บ้าน ขอบเขตตำบล ขอบเขตอำเภอ ขอบเขตจังหวัด (กรมการปกครอง, 2549)และข้อมูลจำนวนประชากร (กรมการปกครอง, 2558)

3.3การพัฒนาระบบแผนที่สถานการณ์โรคไข้เลือดออก

จากการวิเคราะห์ระบบแผนที่โรคไข้เลือดออกที่มีอยู่ในปัจจุบันและการศึกษาความต้องการการใช้งานของ สคร.2 ซึ่งเป็นหนึ่งในกลุ่มเป้าหมายผู้ใช้ ผู้วิจัยจึงได้แนวทางการออกแบบและพัฒนาระบบ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) นำข้อมูลจำนวนประชากรรายตำบลและข้อมูลเชิงพื้นที่ จัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลของ PostgreSQL โดยใช้ PostGIS (PostGIS, 2015) เป็นส่วนขยาย (Extension) เพื่อให้สามารถจัดเก็บข้อมูลประเภท Geometry ได้ และสร้างเครื่องมือสำหรับให้เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบสามารถนำเข้าข้อมูลผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกที่เป็นปัจจุบัน ทั้งนี้เพื่อจริยธรรมในการวิจัยจึงกำหนดให้ข้อมูลผู้ป่วยที่นำเข้าต้องถูกลบรายละเอียดเกี่ยวกับชื่อสกุลผู้ป่วยและบ้านเลขที่ออกก่อนจะนำเข้าสู่ฐานข้อมูล

2) เขียนคำสั่งให้ข้อมูลผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกเชื่อมกับตำแหน่งของหมู่บ้าน เพื่อคำนวณอัตโนมัติของผลรวมจำนวนผู้ป่วยระดับหมู่บ้าน และคำนวณอัตโนมัติอัตราป่วยด้วยโรคไข้เลือดออกต่อแสนประชากร ในระดับตำบล อำเภอและจังหวัด จากฐานข้อมูลจำนวนประชากรรายตำบล อำเภอและจังหวัด โดยกำหนดให้คำนวณอัตโนมัติทุกครั้งเมื่อมีข้อมูลเข้าสู่ระบบ (ดังภาพที่1) การคำนวณอัตราป่วยด้วยโรคไข้เลือดออกต่อแสนประชากรแสดงดังสูตรคำนวณด้านล่าง

$$\text{อัตราป่วยต่อแสนประชากร} = \frac{\text{จำนวนผู้ป่วยด้วยโรคไข้เลือดออก}}{\text{จำนวนประชากรในช่วงเวลาเดียวกัน}} \times 100000 \qquad (1)$$

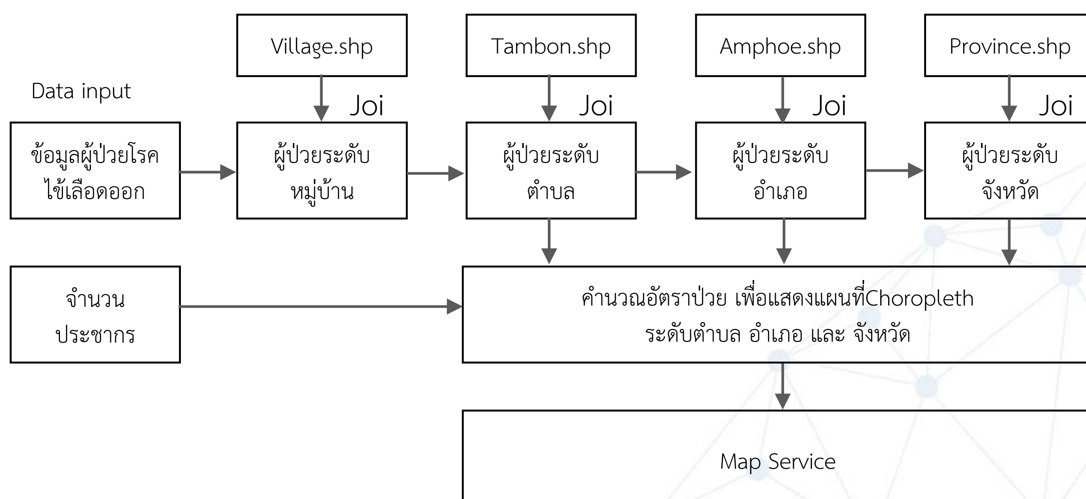
ในขั้นตอนนี้แผนที่แสดงอัตราป่วยด้วยโรคไข้เลือดออกต่อแสนประชากร ถูกแสดงออกมาเป็น 3 ระดับ คือ ระดับตำบล ระดับอำเภอ และระดับจังหวัด

3) พัฒนาการบริการข้อมูลแผนที่ (Map Service) ผู้วิจัยได้เลือกเครื่องมือจาก The Open Source Geospatial Foundation: OSGeo(OSGeo, 2015) ซึ่งเป็นโครงการที่สร้างขึ้นมาเพื่อสนับสนุนการพัฒนาซอฟต์แวร์ด้านภูมิสารสนเทศแบบรหัสเปิด (Open Source Geospatial Software) และเผยแพร่ให้เกิดการใช้งานอย่างกว้างขวาง (OSGeo, 2015) ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ถูกนำมาสร้าง Map Service ด้วยซอฟต์แวร์ GeoServer (GeoServer, 2014) โดยกำหนดให้สามารถเรียกใช้ข้อมูลแผนที่ทั้งแบบWeb Map Service (WMS) และแบบ Web Feature Service (WFS) (ภาพที่2) ด้วยซอฟต์แวร์ด้านภูมิสารสนเทศ เช่น QGIS หรือ ArcGIS ได้ และสร้างเว็บแสดงแผนที่ด้วย OpenLayers (OpenLayers, 2015) และ Heron-mc (Heron, 2015) โดยให้มีเครื่องมือแสดงการกระจายตัวของอัตราผู้ป่วยตามช่วงเวลา(Time Slider Tool) และแสดงความหนาแน่นของการเกิดโรคในแต่ละช่วงเวลาด้วยการแสดงผลแบบ Heat Map

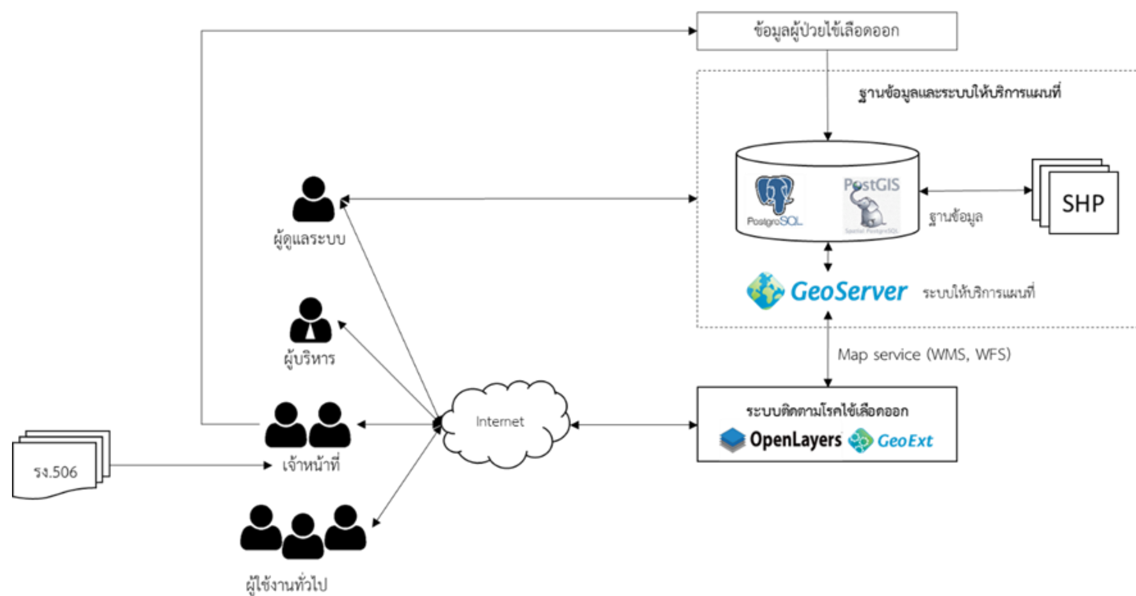
4) พัฒนาระบบค้นหาข้อมูลโรคไข้เลือดออก ที่ผ่านมาข้อมูลการเกิดโรคจะถูกจัดเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ของสำนักงาน ซึ่งทำให้ยากต่อการเรียกใช้งานเมื่อเจ้าหน้าที่อยู่ในภาคสนามหรืออยู่คนละสถานที่กับตำแหน่งที่จัดเก็บข้อมูล อีกทั้งการแบ่งปันไฟล์ข้อมูลแบบเดิมมีโอกาสซ้ำซ้อนและสร้างความสับสนให้เจ้าหน้าที่ เนื่องจากข้อมูลมีการอัพเดทอย่างต่อเนื่อง การศึกษานี้จึงได้จัดเก็บข้อมูลโรคไข้เลือดออกไว้ในฐานข้อมูลเดียวกันและพัฒนาระบบสืบค้นโดยให้มีความสามารถสืบค้นทั้งเชิงเนื้อหา เชิงพื้นที่ และเชิงเวลาที่สามารถสืบค้นผ่านอินเทอร์เน็ตได้จากทุกที่

5) พัฒนาเครื่องมือเปรียบเทียบอุบัติการณ์การเกิดโรคไข้เลือดออก สิ่งที่ผู้ใช้ต้องการในรายงานการเกิดโรคไข้เลือดออกคือกราฟแสดงการเกิดโรคในสัปดาห์ปัจจุบันเปรียบเทียบกับข้อมูลการเกิดโรคไข้เลือดออกกับปีที่ผ่านมาและ Target Line (Median -20%) เพื่อใช้เป็นตัวชี้วัดการสัมฤทธิ์ผลของการปฏิบัติงาน ดังนั้น นอกจากข้อมูลการเกิดโรครายสัปดาห์ที่ถูกนำเข้าสู่ระบบแล้ว การศึกษานี้ยังได้รวบรวมข้อมูลโรคไข้เลือดออกย้อนหลังตั้งแต่ปีพ.ศ. 2548 มาจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลเดียวกันและพัฒนาระบบให้สามารถสร้างกราฟแสดงการเกิดโรคในสัปดาห์ปัจจุบันเปรียบเทียบกับข้อมูลการเกิดโรคไข้เลือดออกกับปีที่ผ่านมาและกราฟเส้นเป้าหมายโดยให้ทำงานอัตโนมัติทุกครั้งเมื่อมีการอัพเดทข้อมูล

6) พัฒนาระบบรองรับการร้องขอความต้องการฉีดพ่นควบคุมยุงลายโดยให้ประชาชนสามารถแจ้งความประสงค์ผ่านอุปกรณ์ของตัวเอง เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่ (Smart Phone) หรือแทบเลต (Tablet) ข้อมูลที่ประชาชนส่งเข้ามาสู่ระบบประกอบด้วย ชื่อ-นามสกุล ที่อยู่ ค่าพิกัด และภาพถ่ายบริเวณที่ร้องขอ ข้อมูลที่ส่งเข้ามาจะถูกนำไปแสดงบนระบบติดตามการเกิดโรคเพื่อให้เจ้าหน้าที่ประเมินความจำเป็นในการร้องขอความต้องการฉีดพ่นควบคุมยุงลายต่อไป



ภาพที่ 1 วิธีการคำนวณอัตราป่วยด้วยโรคไข้เลือดออก



ภาพที่ 2 สถาปัตยกรรมของระบบ

4. ผลการวิจัย

4.1 การวิเคราะห์ระบบแผนที่โรคไข้เลือดออกที่เผยแพร่อยู่ในปัจจุบัน และวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้

ผลการสืบค้นระบบแผนที่โรคไข้เลือดออกที่เผยแพร่อยู่ในปัจจุบันพบว่า ในต่างประเทศมีการพัฒนาระบบแผนที่เพื่อแสดงสถานการณ์โรคไข้เลือดออก โดยมีชั้นข้อมูลหลัก คือ ตำแหน่งของผู้ป่วย แต่เมื่อเปรียบเทียบชั้นข้อมูลอื่น พบว่ามีเพียง2 ระบบแผนที่โรคไข้เลือดออก(จาก 7 ระบบที่พบจากการสืบค้น) แสดงชั้นข้อมูลตำแหน่งสถานพยาบาล และ มี4 ระบบแผนที่โรคไข้เลือดออก แสดงชั้นข้อมูลผู้ป่วยย้อนหลัง (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบองค์ประกอบด้านต่าง ๆ ของระบบที่พัฒนาขึ้นกับระบบที่พัฒนามาก่อน

ชื่อระบบแผนที่ไข้เลือดออก	หน่วยงานที่พัฒนา / ดูแลระบบแผนที่	ชั้นข้อมูล			เพิ่มข้อมูล/ร้องขอบริการ	ข้อมูลผู้ป่วยย้อนหลัง	พยากรณ์การเกิดโรค	ประเภทเครื่องมือที่ใช้
		ตำแหน่งผู้ป่วย	สถานพยาบาล	สิ่งแวดล้อม				
DengueMap	Centers for Disease Control and Prevention (USA),2015	/	X	X	X	/	X	O
International Travel and Health Interactive	World Health Organization, 2012	/	X	X	X	/	X	P

ชื่อระบบแผนที่ไข้เลือดออก	หน่วยงานที่พัฒนา / ดูแลระบบแผนที่	ชั้นข้อมูล			เพิ่มข้อมูล/ร้องขอบริการ	ข้อมูลผู้ป่วยย้อนหลัง	พยากรณ์การเกิดโรค	ประเภทเครื่องมือที่ใช้
		ตำแหน่งผู้ป่วย	สถานพยาบาล	สิ่งแวดล้อม				
Dengue Clusters	National Environmental Agency, Singapore Government, 2013	/	X	X	X	X	X	P
Epidemic and emerging disease alerts in the Pacific region	Secretariat of the Pacific Community, Pacific Public Health Surveillance Network, New Zealand, 2015	/	X	X	X	X	X	O
Bali Dengue Fever Population Risk map	Clarkson, 2013	/	/	X	X	X	X	P
Singapore Dengue Fever Analysis Map	Murphy, 2014	/	/	X	X	/	X	P
Dengue vector surveillance	Department of Health, Republic of the Philippines, 2015	/	X	X	X	/	X	O
ตามดูรู้ทันโรคไข้เลือดออก	การศึกษานี้	/	/	/	/	/	X	O

O = Open Source; P = Proprietary

ทีมผู้วิจัยได้นำข้อมูลการวิเคราะห์องค์ประกอบด้านต่าง ๆ ของระบบแผนที่โรคไข้เลือดออกที่เผยแพร่อยู่ในปัจจุบันไปประเมินความต้องการของผู้ใช้โดยในการศึกษานี้แบ่งผู้ใช้ออกเป็น 4 กลุ่มหลัก ซึ่งมีความต้องการใช้แตกต่างกันดังตารางที่2 ซึ่งได้สังเคราะห์และสรุปความต้องการการใช้งานตามหลัก Person, Place, Time ดังนี้

1) ระบบฐานข้อมูล และ Template เพื่อรองรับข้อมูล รง.506 ที่ครอบคลุมทั้ง 5 จังหวัด ในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 2
2) ระบบฐานข้อมูลผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกต้องมีข้อมูลย้อนหลัง และสามารถรองรับข้อมูลปัจจุบันมาเชื่อมต่อโดยอัตโนมัติ ดังนั้น ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้จึงมีข้อมูลย้อนหลัง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 และ สามารถรองรับข้อมูลในอนาคตอีก 5 ปี ข้างหน้า (ถึงปี พ.ศ. 2563)
3) แสดงจำนวนผู้ป่วยบนแผนที่ โดยแสดงจำนวนผู้ป่วยรวมทั้ง 3 รหัสโรคของไข้เลือดออก (Dengue Fever: D.F., Dengue Hemorrhagic Fever: D.H.F, Dengue Shock Syndrome: D.S.S.) แต่เมื่อคลิกที่แผนที่ให้แสดงกราฟที่แยกจำนวนผู้ป่วยตามรหัสโรค
4) แสดงแผนที่สถานการณ์จำนวนผู้ป่วยใน 7 วันล่าสุด ที่มีการรายงานและอัพเดทข้อมูล
5) แสดงแผนที่ตามเกณฑ์การเกิด Outbreak ในระดับหมู่บ้าน
6) แสดงอัตราป่วยด้วยโรคไข้เลือดออกต่อแสนประชากร ในระดับตำบล อำเภอ และจังหวัด
7) แสดงการกระจายของการเกิดโรคไข้เลือดออกตามช่วงเวลา
8) ประยุกต์ใช้ WebGIS และ Mobile WebApp ในการวิเคราะห์พื้นที่และระดับความเสี่ยง

ตารางที่2 ความต้องการของผู้ใช้งาน 4 กลุ่มหลัก

กลุ่มผู้ใช้งานหลัก	ความต้องการใช้	ความสามารถของเครื่องมือที่พัฒนาขึ้น
ผู้บริหาร (Policy Makers)	ข้อมูลในการสร้างความตระหนักรู้สถานการณ์การระบาดของโรคไข้เลือดออก (Situation Awareness)	/
	ข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจในการตอบโต้ภาวะฉุกเฉินทางสาธารณสุข (Public Health Emergency Preparedness and Response)	/
	ข้อมูลเพื่อการวางแผนเชิงนโยบาย (Policy Decision-Making)	/
	การแลกเปลี่ยนข้อมูลเพื่อการสื่อสารสุขภาพ (Health Communication)	/
เจ้าหน้าที่และนักวิชาการสาธารณสุข (Public Health Professionals and Academics)	ระบบติดตามสถานการณ์การระบาดของโรคไข้เลือดออกในพื้นที่เขตความรับผิดชอบ (Dengue Surveillance System)	/
	ข้อมูลเพื่อสนับสนุนการปฏิบัติงานป้องกันและควบคุมโรคไข้เลือดออกในพื้นที่ (Information to Support Dengue Prevention and Control)	/
	ข้อมูลโรคไข้เลือดออกที่เป็นปัจจุบัน (Real-Time Dengue Information)	/

ตารางที่2 ความต้องการของผู้ใช้งาน 4 กลุ่มหลัก(ต่อ)

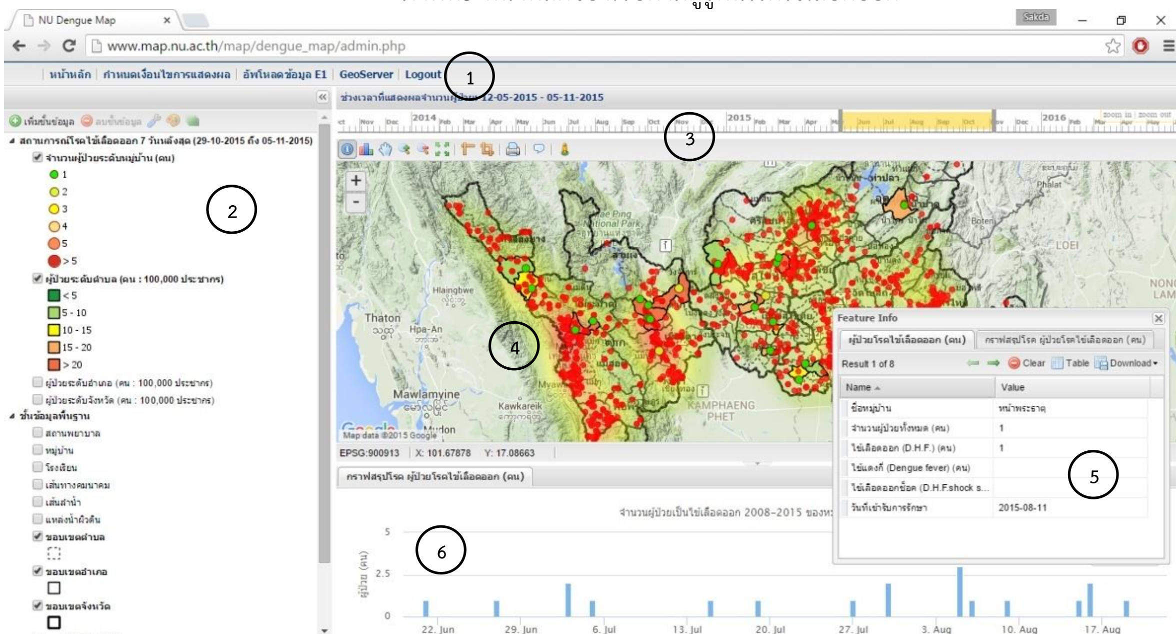
กลุ่มผู้ใช้งานหลัก	ความต้องการใช้	ความสามารถของเครื่องมือที่พัฒนาขึ้น
นักพัฒนาระบบ/โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (IT Specialists and Developers)	ระบบภูมิสารสนเทศที่มีการประมวลผลแบบทันที (Real-Time Processing Geographic Information System)	/
	เครื่องมือจัดการแผนที่ (Map Tools)	/
ประชาชนทั่วไป (The General Public)	ข้อมูลข่าวสารโรคไข้เลือดออกในพื้นที่ (Dengue Situation Updates)	/
	ข้อมูลโรคไข้เลือดออกสำหรับประชาชน (Dengue Information for the Public)	/
	ข้อมูลเพื่อการเดินทางเข้าออกในพื้นที่ (Travelers' Health Information)	/
	การมีส่วนร่วมในการป้องกันและควบคุมโรค (Active Participation in Dengue Control)	/

4.2 การออกแบบและพัฒนาระบบแผนที่เฝ้าระวังสถานการณ์โรคไข้เลือดออก

ผลการศึกษาจากหัวข้อ 4.1 นำมาเป็นแนวคิดในการพัฒนาและออกแบบระบบแผนที่สถานการณ์โรคไข้เลือดออก สำหรับใช้ในการติดตามสถานการณ์โรคไข้เลือดออกเชิงพื้นที่ในเขตสุขภาพที่ 2 ดังปรากฏที่เว็บไซต์ชื่อ “ตามดูรู้ทันโรคไข้เลือดออก” (http://www.map.nu.ac.th/map/dengue/) ดังแสดงในภาพที่ 3 และ 4 ระบบแผนที่สถานการณ์โรคไข้เลือดออกที่พัฒนาขึ้นนี้ใช้ฐานข้อมูลผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกที่มารับบริการ ณ สถานพยาบาลภายใต้กระทรวงสาธารณสุข ตามที่ถูกบันทึกในแฟ้มข้อมูล รง. 506 นอกจากข้อมูลผู้ป่วยแล้ว ระบบแผนที่ยังมีชั้นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญ คือ ตำแหน่งที่ตั้งสถานพยาบาล ตำแหน่งที่ตั้งโรงเรียน เส้นทางคมนาคม เส้นลำน้ำ แหล่งน้ำผิวดิน ขอบเขตตำบล ขอบเขตอำเภอ ขอบเขตจังหวัด และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ผู้ใช้งานสามารถเรียกใช้ผ่านเว็บแผนที่ของระบบหรือร้องขอ Map Service เพื่อเปิดผ่านโปรแกรมภูมิสารสนเทศ เช่น QGIS หรือ ArcGIS ได้



ภาพที่3 หน้าหลักของเว็บตามดูรู้ทันโรคไข้เลือดออก



ภาพที่4 หน้าต่างหลักของระบบแผนที่ติดตามสถานการณ์โรคไข้เลือดออก ซึ่งประกอบด้วย (1) เครื่องมือสืบค้นข้อมูลด้วยเกณฑ์เงื่อนไขและเครื่องมืออัพโหลดข้อมูลโรคไข้เลือดออกจาก รง. 506 (2) ชั้นข้อมูลแผนที่ (3) เครื่องมือจัดการแผนที่และ

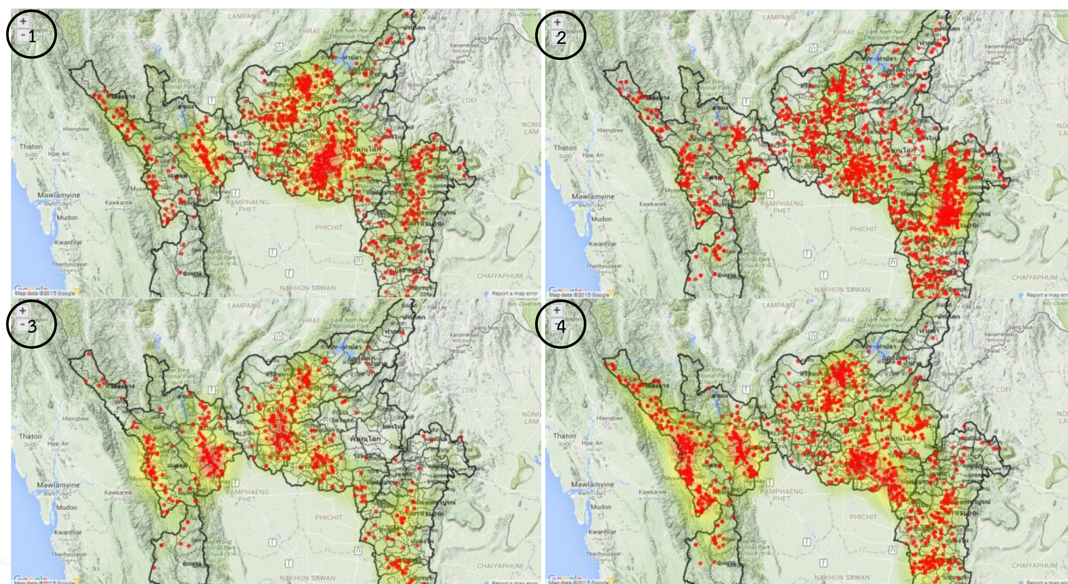
เครื่องมือเลือกช่วงเวลาเพื่อดูสถานการณ์การระบาดของโรคไข้เลือดออก (4) ส่วนหลักในการแสดงแผนที่ (5) หน้าต่างแสดงข้อมูล Attribute และ (6) แผนภูมิแสดงจำนวนของผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกในช่วงเวลาต่าง ๆ

ระบบแผนที่สถานการณ์โรคไข้เลือดออก ที่พัฒนาขึ้นนี้มีความสามารถหลัก ๆ ดังนี้

(1) การนำเข้าข้อมูลจาก รง. 506 เพื่อรายงานสถานการณ์โรคไข้เลือดออกให้เป็นปัจจุบันได้ตามความต้องการ โดยเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบหรือเจ้าหน้าที่สาธารณสุขผู้รับผิดชอบสามารถใช้เครื่องมือ “อัพโหลดข้อมูล E1”เพื่อนำเข้าข้อมูลจาก รง. 506 ข้อมูลที่อัพโหลด (Upload) แต่ละครั้งจะถูกนำไปเชื่อมต่อโดยอัตโนมัติกับฐานข้อมูลผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกย้อนหลังตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 ที่ผ่านมา ซึ่งทีมวิจัยได้นำเข้าไว้แล้วในระบบที่พัฒนาขึ้นนี้

(2) การคำนวณข้อมูลอัตโนมัติเพื่อแสดงอัตราผู้ป่วยด้วยโรคไข้เลือดออกต่อแสนประชากรในรูปแผนที่ Choropleth โดยทุกครั้งที่มีการนำเข้าข้อมูลล่าสุดจาก รง. 506 เข้าสู่ระบบฐานข้อมูลแผนที่ออนไลน์ ระบบจะทำการประมวลสถานการณ์โรคไข้เลือดออก 7 วันล่าสุด โดยอ้างอิงจากข้อมูลวันที่ผู้ป่วยไข้เลือดออกเข้ารับบริการที่สถานพยาบาล (Date Defined) ซึ่งปรากฏอยู่ในข้อมูล รง. 506 พร้อมทั้งคำนวณโดยอัตโนมัติร่วมกับข้อมูลประชากรของกรมการปกครอง เพื่อแสดงอัตราผู้ป่วยต่อแสนประชากรในรูปแผนที่ Choropleth ตั้งแต่ระดับตำบล อำเภอ และจังหวัด นอกจากนี้ ยังแสดงจำนวนผู้ป่วยระดับหมู่บ้าน รวมทั้งยังสามารถแสดงผลออกมาเป็นความเข้มข้นเชิงพื้นที่ในรูปแบบ Heat Map เพื่อแสดงการระบาดของโรคไข้เลือดออก

(3) การกระจายของผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกในแต่ละช่วงเวลา เนื่องจากทีมวิจัยได้จัดเตรียมฐานข้อมูลผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกย้อนหลังตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 ดังนั้น จึงออกแบบให้มีเครื่องมือเลือกช่วงเวลาที่สนใจในการแสดงการเปลี่ยนแปลงของความชุกของโรคและจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกเชิงเวลาในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 2 โดยใช้เครื่องมือ Time Slider จึงทำให้ทราบถึงลักษณะการกระจายของโรคที่สัมพันธ์กับเวลาดังตัวอย่างใน ภาพที่5

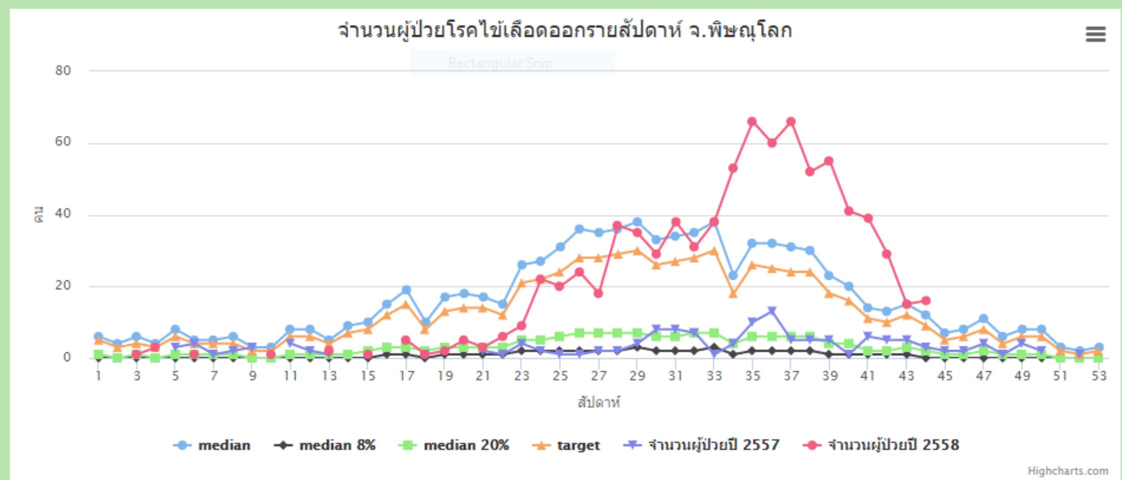


ภาพที่5การกระจายของโรคไข้เลือดออกในเขตสุขภาพที่ 2 ตั้งแต่ 1 ก.ค. ถึง 30 ก.ย. ของปี (1) พ.ศ. 2555, (2) พ.ศ. 2556, (3) พ.ศ. 2557 และ (4) พ.ศ. 2558

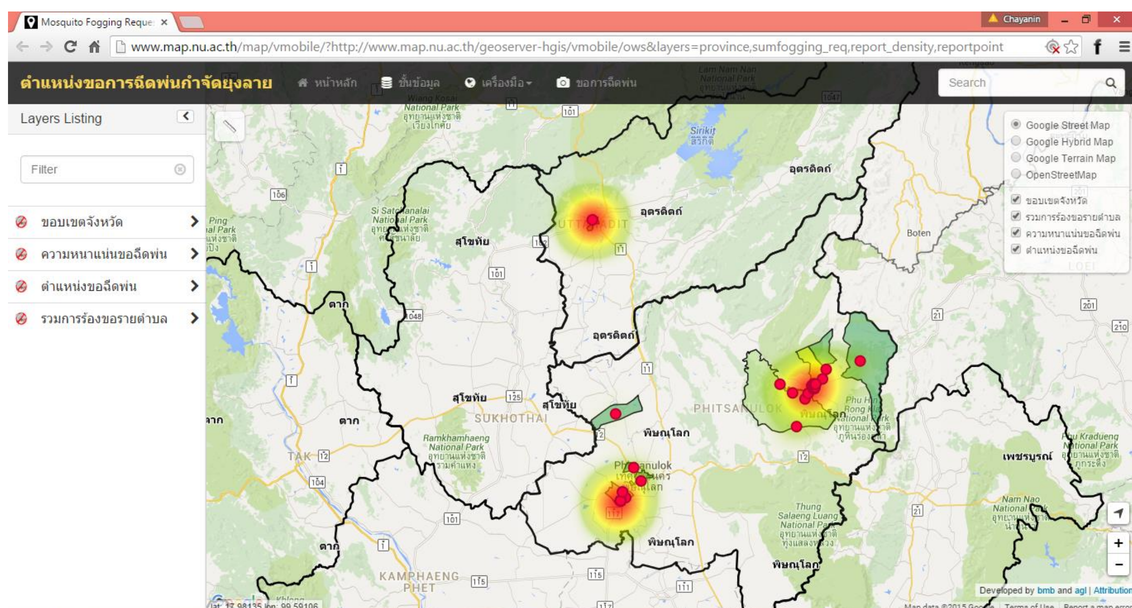
(4) ใช้สืบค้นทั้งเชิงเนื้อหา เชิงพื้นที่ และเชิงเวลาได้ ในระบบนี้สามารถสืบค้นได้หลายเขตข้อมูล ได้แก่ สืบค้นจากชนิดรหัสโรคไข้เลือดออก ซึ่งแบ่งเป็น ไข้แดงกี่ (D.F.) ไข้เลือดออก (D.H.F.) และไข้เลือดออกช็อก (D.S.S.) เพื่อทราบจำนวนผู้ป่วย สืบค้นสถานที่ (ระบุสถานที่เป็นตำบล อำเภอ หรือจังหวัด) เพื่อทราบการกระจายของโรคไข้เลือดออก และสืบค้นวันเดือนปีที่เกิดโรค (ระบุวันเดือนปี) เพื่อเปรียบเทียบสถานการณ์ภายในช่วงเวลาเดียวกันของแต่ละปี ซึ่งถือว่าการรู้จำนวนผู้ป่วย การรู้พื้นที่เกิดโรค และการรู้ช่วงเวลาที่เกิดโรค นับเป็นหัวใจสำคัญในการทำงานการป้องกันและควบคุมโรคในระดับพื้นที่

(5) เปรียบเทียบจำนวนผู้ป่วยรายสัปดาห์กับเส้นเป้าหมาย การรายงานสถานการณ์การเกิดโรคไข้เลือดออกของสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 2 จังหวัดพิษณุโลก ได้เปรียบเทียบสถานการณ์การเกิดโรคกับข้อมูลสถิติย้อนหลังของปีที่ผ่านมา ซึ่งประกอบด้วย จำนวนผู้ป่วยในปีที่ผ่านมา ค่ามัธยฐาน (Median) ของการเกิดโรค และเส้นเป้าหมายการควบคุมการเกิดโรค โดยกำหนดให้อัตราป่วยด้วยโรคไข้เลือดออกลดลงที่ร้อยละ 8 และ 20 ของค่า Medianดังนั้น ระบบเว็บที่พัฒนาขึ้นนี้จึงออกแบบให้มีการรายงานการเกิดโรคในปัจจุบันเปรียบเทียบกับข้อมูลการเกิดโรคในปีที่ผ่านมาและเส้นเป้าหมาย (Target Line) ของการควบคุมโรคไข้เลือดออก (ภาพที่ 6)

(6) ระบบร้องขอฉีดพ่นกำจัดยุงลาย ซึ่งได้พัฒนาขึ้นในรูปแบบMobile Web เพื่อรองรับการร้องขอความต้องการฉีดพ่นควบคุมยุงลายจากประชาชน (ภาพที่7) โดยสามารถชี้พิกัดตำแหน่งการร้องขอ อีกทั้ง ผู้ร้องขอสามารถส่งรูปภาพบนเว็บผ่าน Browser หรือ โทรศัพท์เคลื่อนที่ Smart Phone ความสามารถของระบบ Mobile Web ที่พัฒนาขึ้นนี้นับเป็นเครื่องมือช่วยสนับสนุนการตัดสินใจเชิงพื้นที่ในการวางแผนป้องกันและควบคุมโรค รวมทั้งการตอบโต้ภาวะฉุกเฉินสำหรับใช้เพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติงานบนชุดข้อมูลเดียวกันระหว่างหน่วยงานในพื้นที่



ภาพที่ 6 เปรียบเทียบจำนวนผู้ป่วยรายสัปดาห์ในปีปัจจุบันกับปีที่ผ่านมาและเส้นเป้าหมายของการควบคุมการเกิดโรคไข้เลือดออก



ภาพที่7 ระบบร้องขอฉีดพ่นสารเคมีเพื่อกำจัดยุงลายผ่านอุปกรณ์โทรศัพท์เคลื่อนที่

5. วิจารณ์ผลและสรุปผล

ระบบ Web GIS ตามดูรู้ทันโรคไข้เลือดออกที่พัฒนาขึ้นนี้มีเป้าหมายให้เป็นเครื่องมือสำหรับสนับสนุนการติดตามสถานการณ์โรคไข้เลือดออกที่อยู่ในพื้นที่รับผิดชอบของ สคร.2 เมื่อเปรียบเทียบกับระบบติดตามโรคไข้เลือดออกที่เผยแพร่ให้ใช้งานอยู่บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในปัจจุบัน พบว่า ระบบติดตามโรคไข้เลือดออกส่วนใหญ่มีการจัดเก็บข้อมูลย้อนหลังจนถึงปัจจุบัน เพื่อช่วยในการประเมินสถานการณ์การระบาดของโรค หากมีการบูรณาการข้อมูลสภาพแวดล้อมของพื้นที่เข้าไว้ในระบบ Web GIS จะช่วยทำให้การคาดคะเนและวางแผนการปฏิบัติงานป้องกันและควบคุมโรคไข้เลือดออกดียิ่งขึ้น ดังนั้นระบบที่พัฒนาขึ้นในการศึกษานี้จึงมีชั้นข้อมูลสภาพแวดล้อมเพื่อสนับสนุนการปฏิบัติงานดังกล่าว นอกจากนี้ ระบบ Web GIS ตามดูรู้ทันโรคไข้เลือดออก ยังเป็นเครื่องมือสื่อสารให้เกิดความตระหนักรู้สถานการณ์ภัยไข้เลือดออกในวงกว้าง นอกเหนือจากหน่วยงานสาธารณสุข เพราะช่วยให้ประชาชนทั่วไปได้เข้าถึงข้อมูลข่าวสาร และสาระสำคัญเกี่ยวกับการปฏิบัติตัวเพื่อป้องกันภัยจากโรคไข้เลือดออก

เมื่อส่องสะท้อนความต้องการใช้งานจากผู้ใช้งานหลัก จะเห็นได้ว่า ระบบมีความสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานครอบคลุมทั้ง 4 กลุ่ม คือ ผู้บริหาร เจ้าหน้าที่และนักวิชาการสาธารณสุขนักพัฒนาระบบหรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์และประชาชนทั่วไปเมื่อพิจารณาตามรายกลุ่ม ผู้บริหารต้องการใช้ระบบนี้เพื่อวิเคราะห์สถานการณ์พร้อมสังเคราะห์ Critical Information ที่จำเป็นในการประเมินระดับความเสี่ยง ตลอดจนการวางแผนการปฏิบัติงานเตรียมความพร้อมและตอบโต้ภาวะฉุกเฉินทางสาธารณสุข ในส่วนของเจ้าหน้าที่และนักวิชาการสาธารณสุขการใช้งานหลักเป็นการติดตามสถานการณ์การระบาดของโรคไข้เลือดออกในเขตพื้นที่รับผิดชอบ และใช้ระบบ Web GIS นี้เป็นเครื่องมือในการปฏิบัติงานป้องกันและควบคุมโรค อาทิเช่น ชี้พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดการระบาดของโรค และใช้เครื่องมือจัดการแผนที่ (Map Tools) ในการดูรายละเอียดการเกิดโรคจำแนกตามรหัสโรค สถานที่ และช่วงเวลา (Person, Place, Time) อีกทั้งใช้ในการวัดระยะทางจากตำแหน่งที่เกิดโรคหรือการระบาดไปสู่ตำแหน่งหมู่บ้าน หรือสถานพยาบาลที่ใกล้เคียง และใช้ชี้พื้นที่ที่มีการร้องขอพร้อมทั้งคำนวณพื้นที่ในการฉีดพ่นควบคุมยุงลาย เป็นต้น สำหรับนักพัฒนาระบบหรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ระบบ Web GIS นี้ มีเครื่องมือ Map Tools พื้นฐาน และสามารถแสดง Attribute Table ของชั้นข้อมูลได้ จุดสำคัญของระบบนี้เมื่อเปรียบเทียบกับระบบอื่นคือ ผู้ใช้ที่มีรหัสผ่านสามารถเพิ่มและปรับแต่งชั้นข้อมูล ตลอดจนนำเข้าข้อมูลโรคไข้เลือดออกเพื่ออัพเดทข้อมูลสถานการณ์โรคให้เป็นปัจจุบัน ในกลุ่มผู้ใช้ที่เป็นประชาชนทั่วไป นอกเหนือจากการทราบและตระหนักรู้สถานการณ์โรคไข้เลือดออกในพื้นที่ของตนแล้ว การมีส่วนร่วมในการป้องกันควบคุมโรคไข้เลือดออกในชุมชน (Active Community Participation in Dengue Control) ถือเป็นสิ่งสำคัญ เพราะเหตุนี้ ระบบ Web GIS ตามดูรู้ทันโรคไข้เลือดออก จึงมีระบบร้องขอฉีดพ่นกำจัดยุงลายในรูปแบบ Mobile Web เพื่อให้ประชาชนใช้เป็นเครื่องมือในการควบคุมป้องกันโรคในพื้นที่ของตนเอง และสนับสนุนการแลกเปลี่ยนข้อมูลสาธารณสุข(Public Health Information Sharing) ที่จะเป็นประโยชน์ต่อประชาชนในและนอกพื้นที่ และเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่มีความรับผิดชอบในการฉีดพ่นกำจัดยุงลาย ยกตัวอย่างเช่น องค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) สิ่งที่กล่าวมาข้างต้นนับว่าเป็นจุดเด่นของระบบ Web GIS ตามดูรู้ทันโรคไข้เลือดออก ในการสร้างความตระหนักทางด้านสุขภาพ(Health Awareness)เพื่อการป้องกันและควบคุมโรคไข้เลือดออกในระดับชุมชน

จากการพัฒนาระบบ Web GIS ตามดูรู้ทันโรคไข้เลือดออก ด้วย Bottom-Up Approach ทีมผู้วิจัยได้ทำความร่วมมือกับ สคร.2 ในการเผยแพร่ ทดลองใช้ และประเมินการใช้งานของระบบ ทั้งนี้ ในระยะต่อไปทีมผู้วิจัยได้วางแผนการจัดฝึกอบรมให้แก่บุคลากรของ สคร.2 และขยายการอบรมให้แก่สำนักงานสาธารณสุข (สสอ. และ สสจ.) ในเขตสุขภาพที่ 2 โดยมี สคร.2 เป็น Training Node อีกทั้ง จะมีการเผยแพร่ระบบนี้ไปยังภาคประชาชนเพื่อกระตุ้นส่งเสริมให้มีการใช้งานในวงกว้าง โดยทิศทางของการพัฒนางานวิจัยในอนาคตมุ่งสร้างเครือข่ายเยาวชน ในการใช้ระบบ Web GIS นี้ เป็นเครื่องมือในการส่งเสริมการควบคุมป้องกันโรคไข้เลือดออกในชุมชน

6. ข้อเสนอแนะ

ทีมผู้วิจัยตระหนักว่า ระบบส่งตำแหน่งร้องขอฉีดพ่นกำจัดยุงลายเป็น Web Application ซึ่งมีข้อจำกัดคือต้องเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตเพื่อขอตำแหน่งผู้แจ้งและเพื่อการอัพโหลดข้อมูลที่ร้องขอเข้าสู่ระบบ ดังนั้นหากพื้นที่ดังกล่าวไม่สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตย่อมทำให้ไม่สามารถเพิ่มข้อมูลได้เพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าวการพัฒนาในอนาคตควรพัฒนาเป็น Native Application

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยนเรศวรและได้รับความร่วมมือจากสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 2 จังหวัดพิษณุโลก

เอกสารอ้างอิง

กรมการปกครอง. (2549).**ชั้นข้อมูลเชิงเลข ตำแหน่งหมู่บ้าน, [Digital Maps]**.กรุงเทพฯ:กรมการปกครอง.

กรมการปกครอง.(2558).**จำนวนประชากร**. Retrieved April 10, 2015, from http://stat.bora.dopa.go.th/new_stat/webPage/statByYear.php

กรมควบคุมโรค. (2558).**หน่วยงานส่วนภูมิภาคของสำนักงานป้องกันควบคุมโรค.**RetrievedSeptember 8, 2015, from http://www.ddc.moph.go.th/login/showimgdetil.php?id=12

สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 2 จังหวัดพิษณุโลก.(2558). **รายงานเฝ้าระวังทางระบาดวิทยา เขตสุขภาพที่2, ปีที่ 12, ฉบับที่ 11, สิงหาคม 2558.** Retrieved September 9, 2015, from https://app.box.com/s/knvslyf2d4287pui0l0sqt87k3h4mzxf/1/4064005877/36760085002/1

Centers for Disease Control and Prevention.(2015).**DengueMap, A CDC- HealthMap Collaboration.**Retrieved October 10, 2015, fromhttp://www.healthmap.org/dengue/en/

Clarkson, S.(2013).**Bali Dengue Fever Population Risk map, ArcGIS, Esri.** Retrieved, October 10, 2015, fromhttp://www.arcgis.com/home/item.html?id=c60cc306fc7b4ac9a40930c4f1d9093d

Department of Health.(2015).**Dengue Vector Surveillance, Republic of the Philippines.** Retrieved October 10, 2015, fromhttp://dengue.ph/

GeoServer.(2014).**An Open Source Server for Sharing Geospatial Data.** Retrieved June 15, 2015, from http://geoserver.org/

Heron.(2015).**The Heron Mapping Client.** Retrieved August 11, 2015, from http://www.heron-mc.org/

Murphy, D. (2014).**Singapore Dengue Fever Analysis Map, datasaurus-rex.** Retrieved October 10, 2015, from http://datasaurus-rex.com/?p=1366

National Environmental Agency.(2013).**Dengue Cluster Information, National Environmental Agency, Singapore Government.** Retrieved October 10, 2015, from http://www.dengue.gov.sg/subject.asp?id=74

PostGIS.(2015).**Spatial and Geographic Objects for PostgreSQL.**Retrieved June 15, 2015, from http://postgis.net

OpenLayers.(2015).**An Open Source JavaScript Library.** Retrieved June 15, 2015, from http://openlayers.org/

OSGeo.(2015).**Open Source Geospatial Foundation.** Retrieved June 15, 2015, from http://www.osgeo.org

Secretariat of the Pacific Community.(2015).**Epidemic and emerging disease alerts in the Pacific region, Pacific Public Health Surveillance Network.** Retrieved October 10, 2015, from http://www.spc.int/phd/epidemics/

World Health Organization.(2012).**International Travel and Health Interactive, Countries or areas where dengue has been reported or at risk of dengue.** Retrieved October 10, 2015, from http://apps.who.int/ithmap/

การแปลงภาพถ่ายดาวเทียมที่มีเส้นถนนจากแบบแรสเตอร์ให้อยู่ในรูปแบบวัตถุเชิงพื้นที่

Image Vectorization of Road Satellite Data Sets

ธีรพงศ์ ปานบุญยืน[1]พีรพล เวทีกูล[1]และ *กุลสวัสดิ์* จิตขจรวานิช[2]

Teerapong Panboonyuen[1] Peerapon Vateekul[1] and Kulsawasd Jitkajornwanich[2]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์คณะวิศวกรรมศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทรศัพท์ 0-2218-6956

e-mails: 9teerapong@gmail.com,peerapon.v@chula.ac.th

[2] สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210

โทรศัพท์ 0-2141-4600

e-mail: kulsawasdj@gistda.or.th

บทคัดย่อ

การสกัดข้อมูลประเภทวัตถุเชิงพื้นที่ (geo-spatial objects) ออกจากภาพถ่ายดาวเทียมเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญในการวิเคราะห์ข้อมูล (data analysis) แบบเชิงพื้นที่ (spatial) หรือแบบช่วงเวลาเชิงพื้นที่ (spatio-temporal) โดยทั่วไปวัตถุเชิงพื้นที่ของภาพถ่ายดาวเทียมประกอบด้วย เส้น (lines) และรูปหลายเหลี่ยมหรือพื้นที่ (polygons) ซึ่งหมายถึง ถนนและส่วนที่ไม่ใช่ถนนตามลำดับ บทความนี้เสนอวิธีการแปลงข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (satellite raster images) ที่มีถนนปนอยู่ ในรูปแบบจุดภาพ (pixels) ให้อยู่ในรูปแบบวัตถุเชิงพื้นที่ ที่มีข้อมูลเส้นและรูปหลายเหลี่ยมสกัดเป็นที่เรียบร้อยแล้ว วิธีที่นำเสนอประกอบไปด้วยสามขั้นตอน เริ่มต้นจากการสกัดแยกพื้นที่ถนนออกมาจากวัตถุอื่นๆ โดยใช้การจัดกลุ่มแบบเคมีนส์ (k-means clustering) ลำดับถัดมานำเฉพาะรูปส่วนพื้นที่ถนนมาสกัดเส้น โดยใช้การดำเนินการแบบมอร์โฟโลจิคอล (morphological operation) ในการสร้างโครงเส้นหลัก (skeletonization) จากนั้นเพิ่มความราบเรียบให้กับเส้นที่ได้โดยใช้วิธีการดักลาสพาร์เกอร์ (Ramer-Douglas-Peucker) ขั้นตอนสุดท้ายจะนำเฉพาะรูปส่วนที่ไม่ใช่ถนนมาสกัดรูปหลายเหลี่ยมโดยใช้วิธีการจำแนกแบบแลนด์คัพเวอร์ (land cover classification) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสามารถนำขั้นตอนวิธีไปใช้กับภาพถ่ายดาวเทียมที่ประกอบไปด้วยพื้นที่ถนนแล้วได้ผลการทดลองที่แม่นยำมากขึ้นในการสกัดเส้นและพื้นที่ออกมาจากภาพถ่ายดาวเทียม

คำสำคัญ: การจัดกลุ่มของเคมีนส์ วิธีการดักลาสพาร์เกอร์วิธีการจำแนกแบบแลนด์คัพเวอร์

ABSTRACT

Data extraction of geo-spatial objects from satellite images is an important processing step in enabling data analysis on geo-spatial or spatio-temporal data, which commonly composes of line (road) and polygon (area) layers. In this paper, we present a technique for converting satellite data (raster images), that contains roads, in the form of pixels into the form of spatial objects that contain lines and polygons. There are three main steps in our algorithm. First, roads are extracted from other objects by employing *k-means clustering*. Second, the line extraction is applied only to the road areas by using *morphological operation* to skeletonize the image, and then, enhancing the result by using *Ramer-Douglas-Peucker* algorithms. Finally, polygons can be extracted by applying *land-cover classification* only to

non-road objects. The experiments showed that lines (road networks) and polygons (areas) can be accurately extracted out of satellite imagery, simultaneously.

KEYWORDS: k-means clustering, Ramer-Douglas-Peucker, land cover classification

1. บทนำ

การแปลงภาพถ่ายในรูปแบบเวกเตอร์ (image vectorization) เป็นขั้นตอนสำคัญในการแปลงภาพถ่ายดาวเทียม (satellite image) ที่อยู่ในรูปแบบแรสเตอร์ซึ่งมีการจัดเก็บในรูปแบบของจุดภาพ (pixel) ให้อยู่ในรูปแบบของวัตถุเชิงพื้นที่ (spatial object) ซึ่งประกอบไปด้วยองค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ จุด (point) เส้น (line) และพื้นที่ (polygon) โดยผลลัพธ์ที่ได้จะเหมาะสมและสามารถนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางภูมิศาสตร์ได้ ในงานวิจัยชิ้นนี้มุ่งเน้นในการแปลงภาพให้อยู่ในรูปแบบของเส้น และพื้นที่ เนื่องจากข้อมูลจุดหรือสถานที่ มักที่จะต้องอ้างอิงจากแหล่งข้อมูลภายนอกอื่น ๆ นอกเหนือจากรูปภาพถ่ายดาวเทียม

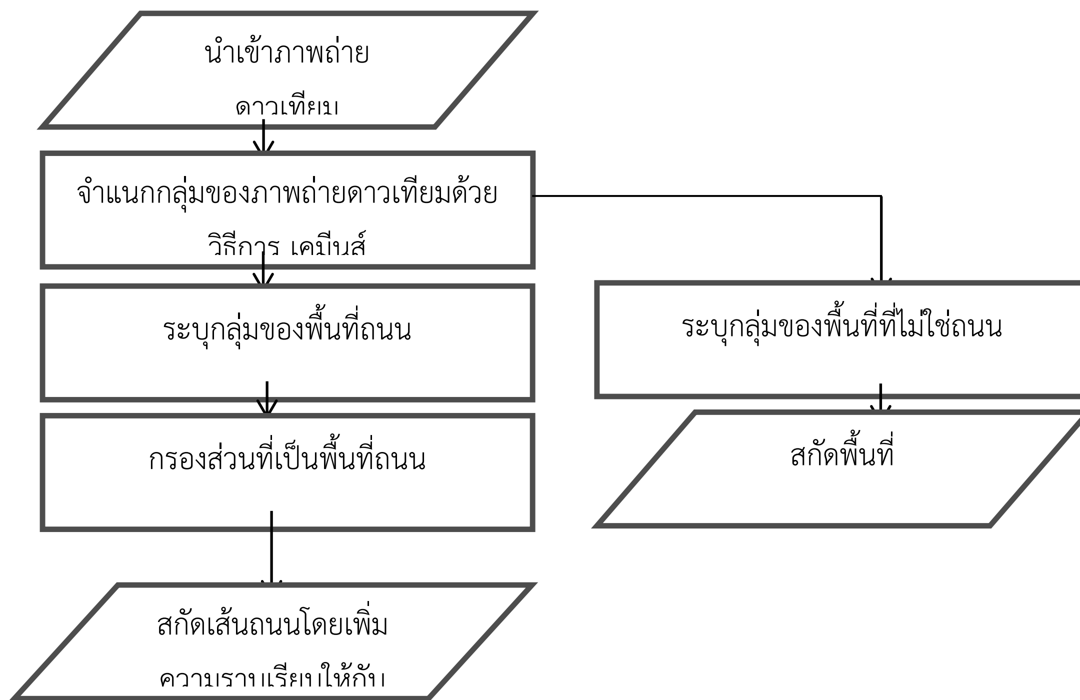
โดยทั่วไปวิธีการที่ใช้การแปลงข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมที่มีถนนปนอยู่ในรูปแบบจุดภาพให้อยู่ในรูปแบบวัตถุเชิงพื้นที่จะใช้วิธีโฮโมแกรม ซึ่งจะเป็นการทำ thresholding(Jin, H., Feng, Y. & Li, B., 2008)นำมาแบ่งส่วนของพื้นที่ต่าง ๆ ออกจากกัน แต่วิธีการเหล่านี้อาจจะต้องใช้ค่าขีดแบ่ง (threshold) ที่เหมาะสมจึงจะสามารถแบ่งพื้นที่ออกมาได้อย่างแม่นยำ และอีกวิธีที่นิยมใช้คือการจัดกลุ่มให้กับพื้นที่ต่าง ๆ ด้วยวิธีการของเคมีนส์ (k-means)(Annadate, C.A. & Lobo, P.L.M.R.J., 2014)ซึ่งจะแบ่งพื้นที่ออกเป็นกลุ่มของพื้นที่ต่าง ๆ โดยการแบ่งกลุ่มนั้นจะดูจากจุดภาพที่มีลักษณะคล้ายกันจะถูกจัดไว้ในกลุ่มดียวกัน และการจำแนกจุดภาพจะจำแนกจุดภาพโดยใช้จุดศูนย์กลางของกลุ่มจุดภาพที่ได้จากการจัดกลุ่มโดยใช้ระยะทางยุคลิค (Euclidean distance) โดยทำการเปรียบเทียบระยะทางยูคลิคโดยจุดภาพใด ๆ จะถูกจำแนกให้อยู่ในกลุ่มจุดภาพที่มีระยะทางยุคลิคระหว่างจุดภาพนั้นกับจุดศูนย์กลางของกลุ่มจุดภาพต่ำที่สุด จากนั้นเมื่อได้กลุ่มของภาพแล้วจึงนำส่วนของเฉพาะกลุ่มพื้นที่ถนนนำมาสกัดเพื่อหาเส้นถนนโดยวิธีที่นิยม คือ วิธีการมอร์โฟโลจิคอลโดยใช้ตัวปฏิบัติการชนิด skeleton(Mena, J.B., 2006)ซึ่งสามารถสร้างเส้นโครงหลักของถนนจากพื้นที่ถนนได้โดยตรง แต่วิธีการนี้มีข้อเสียคือเส้นถนนที่ได้จะไม่มีความราบเรียบ โดยจะมีกิ่งย่อย (branch) ที่แตกออกจากเส้นโครงสร้างถนนออกมาเป็นจำนวนมาก

ดังนั้น บทความฉบับนี้จึงเสนอการแปลงภาพดาวเทียมที่มีถนนให้อยู่ในรูปแบบของเวกเตอร์ โดยผลลัพธ์ที่ได้ประกอบด้วยพื้นที่ต่าง ๆ (polygon) และเส้นโครงสร้างถนน (line) มีการเพิ่มความเรียบ โดยการกำจัดกิ่งย่อยด้วยวิธีการดักลาสพาร์เกอร์ (Douglas-Peucker) เข้ามาช่วยในการทำเวกเตอร์ด้วยวิธีการมาตรฐานที่ประกอบไปด้วยเคมีนส์ และมอร์โฟโลจิคอลแบบ skeleton ในส่วนของการทดลองได้ทดสอบกับ 3 รูปภาพถ่ายดาวเทียมที่มีปริมาณสัดส่วนพื้นที่ถนนแตกต่างกันบนตัววัดผลต่าง ๆ อย่างละเอียด

โครงสร้างของบทความฉบับนี้ประกอบไปด้วย 5 บท ได้แก่ บทที่ 1 กล่าวถึงบทนำและที่มาของงานวิจัยชิ้นนี้ บทที่ 2 อธิบายถึงขั้นตอนการแปลงภาพในรูปแบบเวกเตอร์ที่นำเสนอ บทที่ 3 แสดงขั้นตอนการทดลองและวิธีการวัดผล โดยผลการทดลองได้สรุปและอภิปรายในบทที่ 4

2. ขั้นตอนการแปลงภาพในรูปแบบเวกเตอร์

ขั้นตอนการแปลงภาพในรูปแบบเวกเตอร์ประกอบไปด้วยวิธีจำแนกกลุ่มของภาพถ่ายดาวเทียมโดยใช้วิธีการเคมีนส์ ซึ่งจะทำให้ได้กลุ่มของพื้นที่ต่าง ๆ โดยขั้นตอนแรกจะใช้กลุ่มของพื้นที่ถนนนำมาสกัดเพื่อให้ได้เส้นถนน เมื่อได้เส้นถนนเสร็จเรียบร้อย จึงทำการสกัดส่วนที่เป็นพื้นที่ต่างๆที่ได้จากแบ่งกลุ่มด้วยวิธีการเคมีนส์ ซึ่งได้แสดงผังงานทั้งหมดในการสกัดเส้นถนนและจำแนกพื้นที่ออกจากภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อให้อยู่ในรูปแบบวัตถุเชิงพื้นที่ไว้ที่รูปที่ 1



รูปที่ 1แสดงผังงานทั้งหมดการแปลงภาพดาวเทียมจากรูปแบบจุดภาพให้อยู่ในรูปแบบวัตถุเชิงพื้นที่

2.1. เทคนิคการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเคมีนส์

เทคนิคการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเคมีนส์ นำมาใช้เพื่อการจัดกลุ่มข้อมูลภาพที่เป็นภาพถ่ายดาวเทียมโดยเป็นการจัดกลุ่มของจุดภาพทั้งหมดโดยจุดภาพที่มีลักษณะการสะท้อนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าคล้ายกันจะถูกจัดไว้ในกลุ่มเดียวกัน(Annadate, C.A. & Lobo, P.L.M.R.J., 2014), (นารีนาถ รักสุนทร, รัชศักดิ์ สารนอก, วีระโชติธรรมาภรณ์, ปรุงศักดิ์ อัตพุฒ, 2557)เทคนิคนี้สามารถสรุปขั้นตอนย่อยได้ดังนี้

กำหนดให้ $\mathbf{x}_k = [\mathbf{x}_1\mathbf{x}_2\mathbf{x}_3 \ldots \mathbf{x}_L]^T$โดย $x_1, x_2, \ldots x_L$คือ แต่ละค่าจุดภาพของภาพถ่ายดาวเทียม

โดย C เป็นจำนวนกลุ่มของข้อมูล

1) กำหนดค่าเริ่มต้นจุดศูนย์กลาง (R,G,B) ของแต่ละกลุ่มเป็น$\mu_1\mu_2\mu_3 \ldots \mu_c$เมื่อ μ_kเป็นเวกเตอร์ที่ k^{th}ขนาด Lx3

2) จัดกลุ่มให้กับจุดภาพโดยจุดภาพแต่ละจุดจะถูกนำไปจำแนกให้อยู่ในกลุ่มจุดภาพที่มีระยะทางยุคลิคระหว่างจุดภาพนั้นกับระยะทางของกลุ่มจุดภาพต่ำที่สุด ระยะทางยุคลิคระหว่างจุดภาพ $\mathbf{x}_k$กับจุดศูนย์กลาง $\mathbf{u}_k$หาได้จากสมการ (2.1)

$$ED = \sqrt{\sum_{i=1}^{L} (x_{ik} - \mu_{ik})^2} \qquad (2.1)$$

3) คำนวณเพื่อหาจุดศูนย์กลางใหม่ของกลุ่มจุดภาพเมื่อจุดศูนย์กลางของกลุ่มจุดภาพที่ k^{th}ซึ่งเขียนได้โดย μ_k = $[\mu_1\mu_2\mu_3 \ldots \mu_L]^T$และ μ_iเมื่อ i = 1,2,3, ...Lคำนวณได้จากสมการที่ (2.2)

$$\mu_i = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} x_{ij} \qquad (2.2)$$

4) ทำซ้ำในข้อ 2-3 จนกระทั่งจุดศุนย์กลางของแต่ละกลุ่มจุดภาพไม่เปลี่ยนแปลง หรืออีกทางหนึ่งอาจจะกำหนดค่าขีดเริ่ม (Threshold) มาใช้ตรวจสอบเมื่อมีค่าน้อยกว่าค่าขีดเริ่มก็ให้หยุดการทำงาน

2.2. วิธีการมอร์โฟโลจิคอลและวิธีการดักลาสพาร์เกอร์

วิธีการมอร์โฟโลจิคอลเป็นการประมวลผลภาพโดยใช้การถ่ายเทหรือเปลี่ยนรูปของรูปภาพหรือวัตถุเช่น การทำให้หนา การทำให้บาง และการเติมให้เต็มด้วยการกระทำบนพื้นฐานของเซต(Mena, J.B., 2006)ซึ่งเป็นการแยกบริเวณวัตถุออกจากพื้นหลังของภาพหรือเป็นการหาขอบของภาพอีกวิธีหนึ่ง

ภาพถ่ายดาวเทียมหลังจากได้พื้นที่ส่วนที่เป็นพื้นที่ถนนมาแล้วจะผ่านกระบวนการมอร์โฟโลจิคอลโดยเลือกใช้ตัวปฏิบัติการชนิด skeleton ซึ่งข้อดีก็คือสามารถสร้างเส้นโครงหลักให้กับพื้นที่ถนนได้เลยซึ่งก็คือเส้นถนนที่ได้โดยประยุกต์เข้ากับวิธีการของดักลาสพาร์เกอร์ซึ่งเป็นวิธีการในการลดจำนวนโหนดให้น้อยลง(Jin, H., Feng, Y. & Li, B., 2008)ซึ่งจะส่งผลทำให้เส้นถนนที่ได้มีความราบเรียบมากขึ้น

2.3. วิธีการจำแนกแบบแลนด์คัพเวอร์

วิธีการจำแนกแบบแลนด์คัพเวอร์เป็นการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียมออกเป็นพื้นที่ต่าง ๆ เช่น พื้นที่ป่าไม้พื้นที่ถนน พื้นที่ปศุสัตว์ พื้นที่ว่างเปล่า โดยในงานวิจัยชิ้นนี้เลือกใช้เคมีนส์เป็นตัวจำแนกแบบแลนด์คัพเวอร์โดยการกำหนดกลุ่มที่หนึ่งเป็นกลุ่มของพื้นที่สีเขียวแสดงแทนพื้นที่ป่าไม้ กลุ่มที่สองเป็นกลุ่มของพื้นที่สีน้ำตาลแสดงแทนพื้นที่ดิน และกลุ่มสุดท้ายเป็นกลุ่มของพื้นที่สีเทาแสดงแทนพื้นที่ถนน

3. ขั้นตอนการทดลองและวิธีการวัดผล

ขั้นตอนการทดลองประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนที่สำคัญโดยทดสอบกับภาพถ่ายดาวเทียม 3 ภาพโดยภาพถ่ายดาวเทียมที่นำมาใช้ในการทดลองได้จากดาวเทียม LANDSAT 8 ภายใต้การบริหารจัดการของ USGS โคจรสูงเหนือพื้นโลก 705 กิโลเมตร (รูปที่ 2 (ก),(ค)) และภาพถ่ายดาวเทียมจาก Google (รูปที่ 2 (ข))โดยทั้ง 3 ภาพถ่ายดาวเทียมมีคุณสมบัติเป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความละเอียดสูง โดยในบทความนี้เลือกภาพถ่ายที่มีความละเอียดสูงมาทำการทดลองจึงจะสามารถใช้กับวิธีการที่นำเสนอไปได้โดยแสดงภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง 3 ภาพไว้รูปที่ 2



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 2 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมที่มีถนนปนอยู่ในแต่ละแบบ โดย ภาพ (ก) เป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่ถ่ายโดยดาวเทียม LANDSAT 8 ภายใต้การบริหารจัดการของ USGSลำดับถัดมาภาพ (ข)เป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่ถ่ายโดยดาวเทียมของ Google และภาพสุดท้ายภาพ (ค)เป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่ถ่ายโดยดาวเทียม LANDSAT 8 ภายใต้การบริหารจัดการของ USGS

โดยนำภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง 3 ภาพไปใช้กับขั้นตอนการทดลองซึ่งขั้นตอนแรกเป็นการนำภาพถ่ายดาวเทียมเข้ามาทำการสกัดจุดภาพด้วยวิธีการเคมีนส์เพื่อหากลุ่มของพื้นที่ต่างๆโดยกำหนดกลุ่มสีค่าเริ่มต้นแต่ละกลุ่มออกเป็น 3 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

กลุ่มที่ 1 คือกลุ่มสีเขียว ค่า RGB = [0 150 0]

กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มสีน้ำตาล ค่า RGB = [150 150 0]

กลุ่มที่ 3 คือ กลุ่มสีเทา ค่า RGB = [150 150 150]

เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นจุดศูนย์กลางของกลุ่มจุดภาพในการจัดกลุ่มด้วยวิธีการเคมีนส์ และหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการของเคมีนส์จะพบว่าได้พื้นที่หลักๆออกมาเป็น 3 พื้นที่ ในขั้นตอนถัดมาจะเป็นส่วนของการทดลองแรกซึ่งเป็นการนำเฉพาะส่วนพื้นที่ถนนที่ได้ (กลุ่มที่ 3) มาสกัดหาเส้นหลัก (เส้นถนน) โดยใช้การดำเนินการแบบมอร์โฟโลจิคอล (morphological operation) ซึ่งเลือกใช้ตัวปฏิบัติการชนิด skeleton มาทำการสร้างเส้นโดยใช้วิธีการของดักลาสพาร์เกอร์ซึ่งนำมาลดจำนวนโหนดให้น้อยลงโดยจะทำให้เส้นถนนดูราบเรียบยิ่งขึ้น เมื่อได้เส้นถนนเสร็จเรียบร้อย จะนำไปสู่การทดลองที่สองคือการจำแนกพื้นที่ต่างๆ โดยวิธีการแบบแลนด์คัพเวอร์โดยในงานวิจัยชิ้นนี้ที่ได้เลือกใช้เคมีนส์เพราะสามารถระบุกลุ่มของพื้นที่ต่าง ๆ โดยได้กล่าวถึงการระบุกลุ่มสีไปข้างต้นแล้วนั้น จึงนำมาประยุกต์ใช้ในการจำแนกพื้นที่โดยมองว่ากลุ่มที่หนึ่งคือกลุ่มพื้นที่สีเขียวจะเหมือนเป็นกลุ่มของพื้นที่ป่าไม้ กลุ่มที่สองเป็นกลุ่มสีน้ำตาลเป็นกลุ่มของพื้นที่ดิน และกลุ่มสุดท้ายคือกลุ่มสีเทาเป็นกลุ่มของพื้นที่ถนน

ในขั้นตอนสุดท้ายเป็นส่วนของวิธีการวัดผลโดยจะประเมินประสิทธิภาพของวิธีการที่ได้ออกแบบไว้สามารถประเมินได้จากวัดผลการวัดผลการจำแนกข้อมูลการประเมินความถูกต้องของผลการจำแนกโดยแบ่งการประเมินประสิทธิภาพออกเป็นสองการประเมิน คือ การประเมินที่ 1 จะทำการประเมินประสิทธิภาพกับส่วนที่เป็นพื้นที่ถนนโดยเฉพาะซึ่งใช้ค่าในการประเมิน 3 ค่า(Annadate, C.A. & Lobo, P.L.M.R.J., 2014), (Sujatha, C. &Selvathi, D., 2015) คือ ค่าความครบถ้วน (Completeness) ค่าความถูกต้อง (Correctness) และค่าคุณภาพ (Quality) และการประเมินที่ 2 จะทำการประเมินประสิทธิภาพกับส่วนที่เป็นเพื้นที่อื่นๆที่เหลือโดยใช้ค่าในการประเมิน 4 ค่า(นารีนาถ รักสุนทร, รัชศักดิ์ สารนอก, วีระโชติธรรมาภรณ์, ปรุงศักดิ์ อัตพุฒ, 2557) คือ การวัดความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) การวัดความถูกต้องในแง่ผู้ใช้ (Recall) การวัดความถูกต้องในแง่ผู้จำแนก (Precision) และการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แค็ปปา (Kappa Coefficient)

ตารางที่ 1 แสดงวิธีการคำนวณค่าสำหรับประเมินประสิทธิภาพต่าง ๆ

ค่าความครบถ้วน (Completeness)	$\frac{TP}{TP+FN}$
ค่าความถูกต้อง (Correctness)	$\frac{TP}{TP+FP}$
ค่าคุณภาพ (Quality)	$\frac{TP}{TP+FP+FN}$

** TP = True Positive, FP = False Positive, FN = False Negative

4. ผลการทดลอง

ผลการทดลองแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มผลการทดลอง คือ ผลการสกัดเส้นถนนจากภาพถ่ายดาวเทียม และผลการสกัดพื้นที่จากภาพถ่ายดาวเทียม โดยแต่ละผลการทดลองถูกใช้กับภาพถ่ายดาวเทียมเป็นจำนวนการทดลองละ 3 ภาพ ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการสกัดพื้นที่และเส้นถนนจากภาพถ่ายดาวเทียม

4.1.1 ผลการทดสอบบนภาพทดสอบที่ 1

ผลจากการใช้วิธีการของเคมีนส์ทำให้ได้กลุ่มของพื้นที่ถนนซึ่งแสดงผลของกลุ่มพื้นที่ถนนไว้ที่ รูป 3(ข) ซึ่งนำไปสู่ผลการทดลองของการสกัดเส้นถนนจากกลุ่มพื้นที่ถนนด้วยวิธีการมอร์โฟโลจิคอลและวิธีการดักลาสพาร์เกอร์ โดยแสดงรูปผลการทดลองของเส้นไว้ที่รูป 3(ค)



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 3แสดงรูปผลการทดลองของการทดลองที่ 1 "**ภาพทดสอบที่ 1**" (ก) รูปภาพถ่ายดาวเทียมเริ่มต้นแบบแรสเตอร์ (ข) รูปเฉพาะส่วนพื้นที่ถนน และ (ค) รูปเส้นถนนหลังจากการสกัดเส้นเสร็จสิ้น

4.1.2 ผลการทดสอบบนภาพทดสอบที่ 2

ผลจากการใช้วิธีการของเคมีนส์ทำให้ได้กลุ่มของพื้นที่ถนนซึ่งแสดงผลของกลุ่มพื้นที่ถนนไว้ที่ รูป 4(ข) ซึ่งนำไปสู่ผลการทดลองของการสกัดเส้นถนนจากกลุ่มพื้นที่ถนนด้วยวิธีการมอร์โฟโลจิคอลและวิธีการดักลาสพาร์เกอร์ โดยแสดงรูปผลการทดลองของเส้นไว้ที่รูป 4(ค)



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 4แสดงรูปผลการทดลองของการทดลองที่ 1 "**ภาพทดสอบที่ 2**"โดยรูป (ก) เป็นการนำเข้าภาพถ่ายดาวเทียมถัดมารูป (ข) เป็นรูปเฉพาะส่วนพื้นที่ถนน และรูป (ค) รูปเส้นถนนหลังจากการสกัดเส้นเสร็จสิ้น

4.1.3 ผลการทดสอบบนภาพทดสอบที่ 3

ผลจากการใช้วิธีการของเคมีนส์ทำให้ได้กลุ่มของพื้นที่ถนนซึ่งแสดงผลของกลุ่มพื้นที่ถนนไว้ที่ รูป 5(ข) ซึ่งนำไปสู่ผลการทดลองของการสกัดเส้นถนนจากกลุ่มพื้นที่ถนนด้วยวิธีการมอร์โฟโลจิคอลและวิธีการดักลาสพาร์เกอร์ โดยแสดงรูปผลการทดลองของเส้นไว้ที่รูป 5(ค)



(ก)



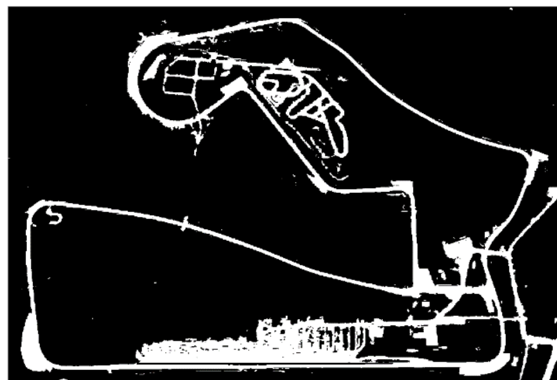
(ข)

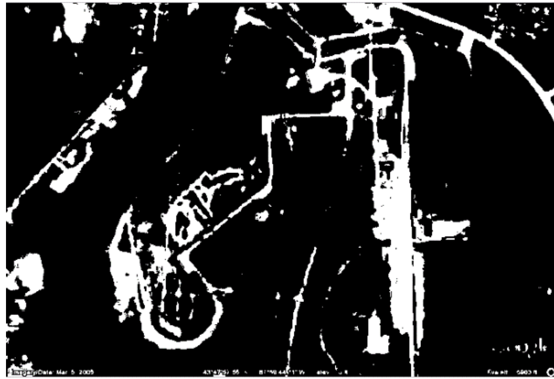
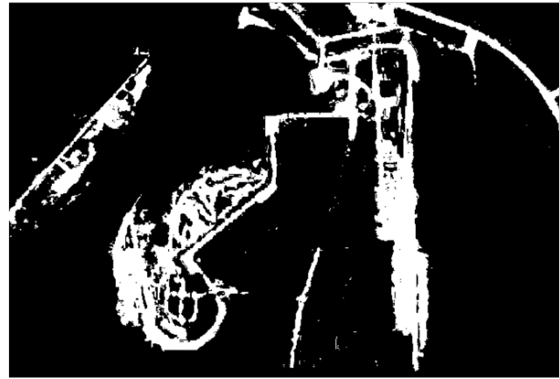


(ค)

รูปที่ 5แสดงรูปผลการทดลองของการทดลองที่ 1 “***ภาพทดสอบที่ 3***”โดยรูป (ก) เป็นการนำเข้าภาพถ่ายดาวเทียม ถัดมารูป (ข) เป็นรูปเฉพาะส่วนพื้นที่ถนน และรูป (ค) รูปเส้นถนนหลังจากการสกัดเส้นเสร็จสิ้น







พื้นที่ถนนที่ได้ (ภาพที่ได้จากโปรแกรม) **พื้นที่ถนนที่ได้ (ภาพที่ใช้อ้างอิง)**

รูปที่ 6แสดงรูปผลการทดลองในส่วนของพื้นที่ถนนที่ได้จากโปรแกรมเปรียบเทียบกับพื้นที่ถนนที่เป็นภาพสำหรับไว้อ้างอิง

ผลลัพธ์ที่ได้จากการสกัดพื้นที่ถนนพบว่าค่าความถูกต้อง (Correctness) ที่ได้มีค่าสูง โดยภาพทดสอบที่ 3 มีค่าความถูกต้อง(Correctness) สูงถึง 98.98 เปอร์เซ็นต์ซึ่งส่งผลให้เส้นถนนที่ได้มีความแม่นยำสูงในขณะเมื่อเปรียบเทียบกับภาพทดสอบที่ 1 ซึ่งค่าความถูกต้อง (Correctness) ถึง 77.61 เปอร์เซ็นต์ แต่ค่าค่าความครบถ้วน (Completeness) และค่าคุณภาพ (Quality) มีค่า 56.11 และ 48.29 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับซึ่งค่าที่ได้อาจจะไม่สูงมากซึ่งสาเหตุอาจจะมากจากภาพทดสอบที่ 1 มีพื้นที่ถนนปะปนมากที่สุด

ตารางที่ 2 ผลการประเมินค่าความถูกต้องที่ได้จากการสกัดพื้นที่ถนน

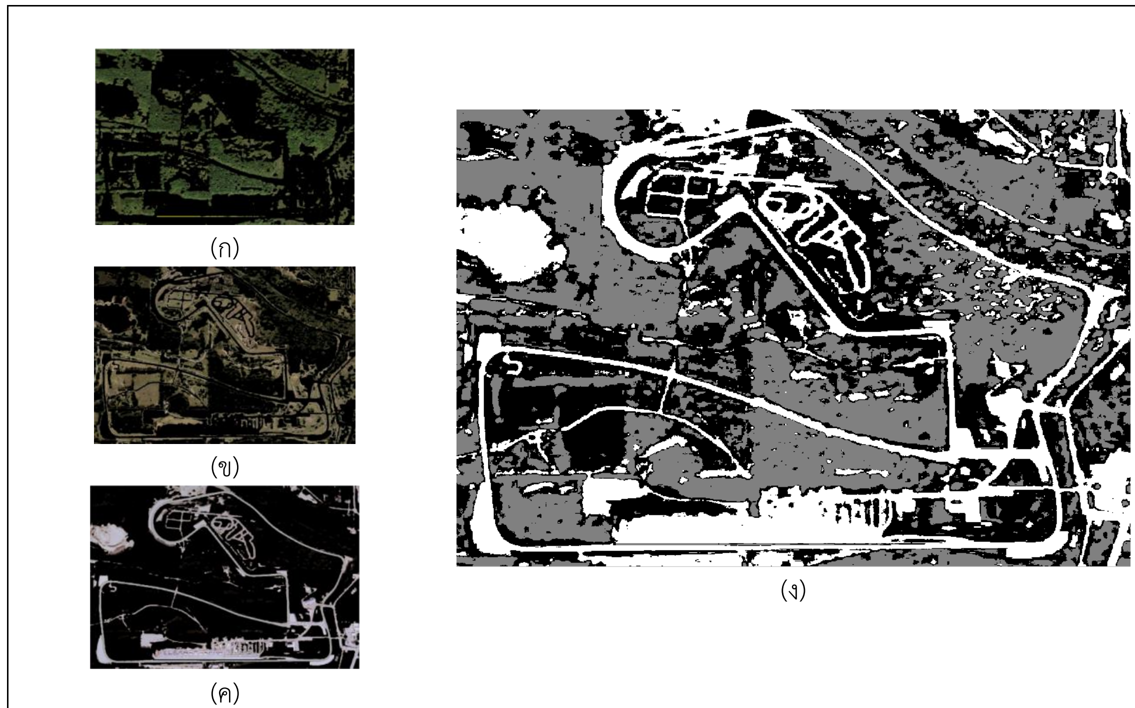
	Completeness(%)	Correctness(%)	Quality(%)
ภาพที่ 1 (TP= 156, FP=45, FN=122)	56.11	77.61	48.29
ภาพที่ 2 (TP= 71, FP=4, FN=46)	60.68	94.66	58.67
ภาพที่ 3 (TP= 488, FP=5, FN=102)	82.71	98.98	82.01

4.2 ผลการสกัดพื้นที่จากภาพถ่ายดาวเทียม

4.2.1 ผลการทดสอบบนภาพทดสอบที่ 1

ในรูปที่ 7 การวัดความถูกต้องของผลจำแนกนั้นจะใช้ตัวอย่างจุดภาพของป่าไม้ 166 จุดภาพ ดิน 627 จุดภาพ และถนน 383 จุดภาพ จำนวนรวมทั้งหมด 1,176 จุดภาพโดยผลของการสกัดพื้นที่ของภาพที่ 1 พบว่ามีค่าความถูกต้องโดยรวมสูง

ถึง 91.41 เปอร์เซ็นต์ และค่าสัมประสิทธิ์แค็ปปาสูงถึง 0.85 ส่งผลให้การสกัดพื้นที่ในภาพทดสอบที่ 1 ค่อนข้างมีประสิทธิภาพและความแม่นยำสูงโดยดูได้จากตารางที่ 3ประกอบ



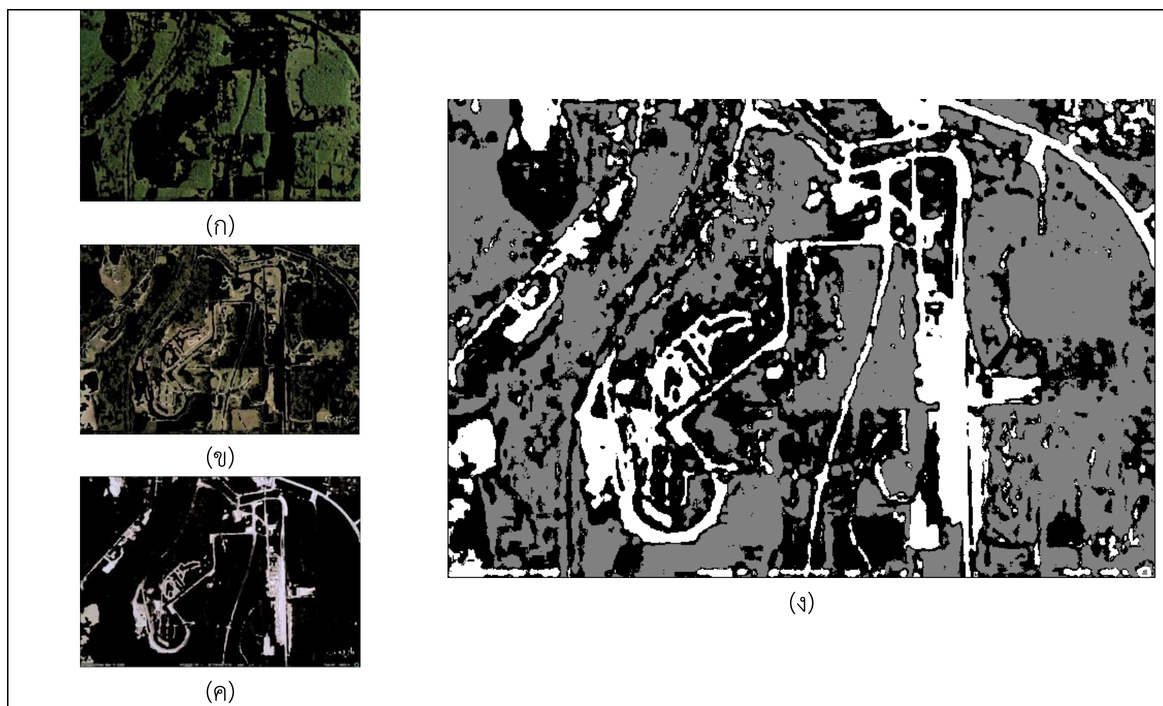
รูปที่ 7แสดงรูปผลการทดลองที่ 2 “**ภาพทดสอบที่ 1**”โดยรูป (ก) แสดงในส่วนของพื้นที่กลุ่มสีเขียวคือพื้นที่กลุ่มป่าไม้ รูป (ข) แสดงส่วนของพื้นที่กลุ่มสีน้ำตาลคือพื้นที่กลุ่มพื้นดิน รูป (ค) แสดงส่วนพื้นที่กลุ่มสีเทาคือพื้นที่กลุ่มถนน และรูป (ง) เป็นการสกัดพื้นที่ทั้งหมดโดยแทนกลุ่มสีขาวเป็นกลุ่มของถนน กลุ่มสีดำเป็นกลุ่มของพื้นดิน และกลุ่มสีเทาเป็นกลุ่มของป่าไม้

ตารางที่ 3ประเมินค่าความถูกต้องที่ได้จากการสกัดพื้นที่ของ“**ภาพทดสอบที่ 1**”

ผลการจำแนก	ตัวอย่าง			ผลรวมของผลการจำแนก	Recall(%)	Error (%)
	ป่าไม้	ดิน	ถนน			
ป่าไม้	**125**	30	0	155	125/155=80.64	19.36
ดิน	39	**577**	10	626	577/626=92.17	7.83
ถนน	2	20	**373**	395	373/395=94.43	5.57
ผลรวมตัวอย่าง	166	627	383	1176		
Precision(%)	125/166 =75.30	577/627 =92.02	273/383 =71.27	ความถูกต้องโดยรวม = (125+577+373)/1176 = 91.41% Kappa Index = 0.85		
Error of commission(%)	24.7	7.98	28.73			

4.2.2 ผลการทดสอบบนภาพทดสอบที่ 2

ในรูปที่ 8 การวัดความถูกต้องของผลจำแนกนั้นจะใช้ตัวอย่างจุดภาพของป่าไม้ 549 จุดภาพ ดิน 303 จุดภาพ และถนน 128 จุดภาพ จำนวนรวมทั้งหมด 980 จุดภาพโดยผลของการสกัดพื้นที่ของภาพทดสอบที่ 2 พบว่ามีค่าความถูกต้องโดยรวมสูงถึง 87.44 เปอร์เซ็นต์ และค่าสัมประสิทธิ์แค็ปปาเท่ากับ 0.77 ส่งผลให้การสกัดพื้นที่ในภาพที่ 2 มีประสิทธิภาพและความแม่นยำในระดับดีโดยดูได้จากตารางที่ 4ประกอบ



รูปที่ 8แสดงรูปผลการทดลองที่ 2 “**ภาพทดสอบที่ 2**” รูป (ก) แสดงในส่วนของพื้นที่กลุ่มสีเขียวคือพื้นที่กลุ่มป่าไม้ รูป (ข) แสดงส่วนของพื้นที่กลุ่มสีน้ำตาลคือพื้นที่กลุ่มพื้นดิน รูป (ค) แสดงส่วนพื้นที่กลุ่มสีเทาคือพื้นที่กลุ่มถนน และรูป (ง) เป็นการสกัดพื้นที่ทั้งหมดโดยแทนกลุ่มสีขาวเป็นกลุ่มของถนน กลุ่มสีดำเป็นกลุ่มของพื้นดิน และกลุ่มสีเทาเป็นกลุ่มของป่าไม้

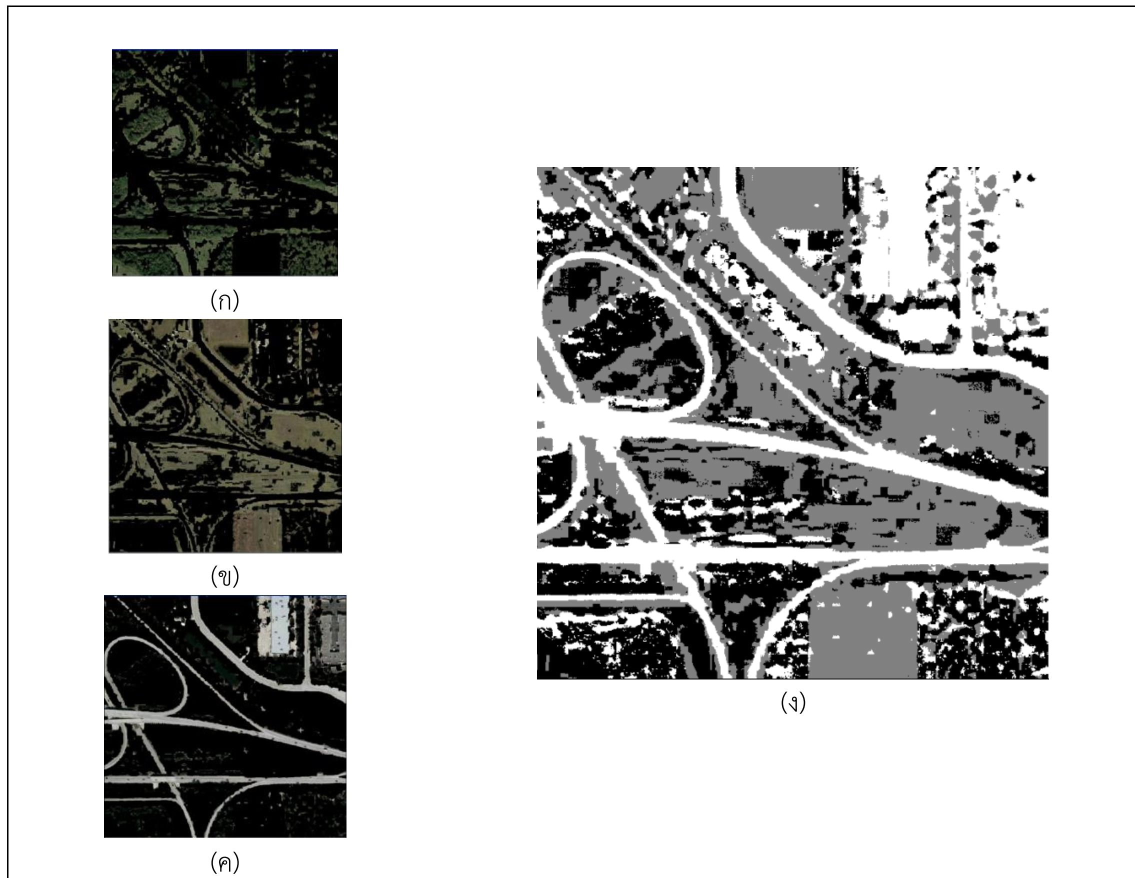
ตารางที่ 4ประเมินค่าความถูกต้องที่ได้จากการสกัดพื้นที่ของ“**ภาพทดสอบที่ 2**”

ผลการจำแนก	ตัวอย่าง			ผลรวมของผลการจำแนก	Recall(%)	Error (%)
	ป่าไม้	ดิน	ถนน			
ป่าไม้	**504**	61	0	565	504/565=89.20	10.80
ดิน	44	**242**	17	303	242/303=79.86	20.14
ถนน	1	0	**111**	112	111/112=99.10	0.90
ผลรวมตัวอย่าง	549	303	128	980		
Precision(%)	504/549 = 91.80	242/303 = 79.86	111/128 = 86.71	ความถูกต้องโดยรวม = (504+242+111)/980 = 87.44% Kappa Index = 0.77		
Error of commission(%)	8.20	20.14	13.29			

4.2.3 ผลการทดสอบบนภาพทดสอบที่ 3

ในรูปที่ 9 การวัดความถูกต้องของผลจำแนกนั้นจะใช้ตัวอย่างจุดภาพของป่าไม้ 208 จุดภาพ ดิน 188 จุดภาพ และถนน 415 จุดภาพ จำนวนรวมทั้งหมด 811 จุดภาพโดยผลของการสกัดพื้นที่ของภาพทดสอบที่ 3 พบว่ามีค่าความถูกต้องโดยรวมสูงถึง 91.98 เปอร์เซ็นต์ และค่าสัมประสิทธิ์แค็ปปาสูงถึง 0.87 ส่งผลให้การสกัดพื้นที่ในภาพที่ 3 ค่อนข้างมีประสิทธิภาพและความแม่นยำสูงโดยดูได้จากตารางที่ 5ประกอบ

จากตารางพบว่าความถูกต้องของผลการจำแนกโดยรวมเมื่อค่าเริ่มต้นของจุดศูนย์กลางข้อมูลที่ได้จากการสกัดจุดภาพพบว่าผลการจำแนกถนนมีความถูกต้องสูงสุดทั้งนี้เนื่องจากจุดศูนย์กลางของกลุ่มจุดภาพถนนมีความแตกต่างจากของป่าไม้และดินค่อนข้างมาก การพิจารณาผลของการจำแนกข้อมูลนอกจากจะพิจารณาจากความถูกต้องโดยรวม และสัมประสิทธิ์แค็ปปาแล้วยังต้องคำนึงถึง Precision และ Recall โดยค่า Precision จะวัดความถูกต้องของผลการจำแนกและค่า Recall จะวัดความน่าเชื่อถือของค่า Precision หรือบอกถึงโอกาสที่ตัวอย่างที่ถูกจำแนกได้อย่างถูกต้องนั้นเป็นชนิดของตัวอย่างพื้นที่นั้นจริง



รูปที่ 9แสดงรูปผลการทดลองที่ 2 “**ภาพทดสอบที่ 3**”โดยรูป (ก) แสดงในส่วนของพื้นที่กลุ่มสีเขียวคือพื้นที่กลุ่มป่าไม้ รูป (ข) แสดงส่วนของพื้นที่กลุ่มสีน้ำตาลคือพื้นที่กลุ่มพื้นดิน รูป (ค) แสดงส่วนพื้นที่กลุ่มสีเทาคือพื้นที่กลุ่มถนน และรูป (ง) เป็นการสกัดพื้นที่ทั้งหมดโดยแทนกลุ่มสีขาวเป็นกลุ่มของถนน กลุ่มสีเทาเป็นกลุ่มของพื้นดิน และกลุ่มสีดำเป็นกลุ่มของป่าไม้

ตารางที่ 5 ประเมินค่าความถูกต้องที่ได้จากการสกัดพื้นที่ของ“**ภาพทดสอบที่ 3**”

ผลการจำแนก	ตัวอย่าง			ผลรวมของผลการจำแนก	Recall(%)	Error (%)
	ป่าไม้	ดิน	ถนน			
ป่าไม้	**193**	6	22	221	193/22=87.33	12.67
ดิน	2	**173**	13	188	173/188=92.02	7.98
ถนน	13	9	**380**	402	380/402=94.52	5.48
ผลรวมตัวอย่าง	208	188	415	811		
Precision(%)	193/208 = 92.78	173/188 = 92.02	380/415 = 91.56	ความถูกต้องโดยรวม = (193+173+380)/811 = 91.98% Kappa Index = 0.87		
Error of commission(%)	7.22	7.98	8.44			

5. สรุปผลการทดลอง

การแปลงภาพถ่ายดาวเทียมจากแบบแรสเตอร์มาเป็นแบบเวกเตอร์นั้นในงานวิจัยนี้แปลงออกมาอยู่ในรูปแบบของเส้นและพื้นที่ โดยใช้วิธีการจัดกลุ่มของเคมีนส์ในการจัดกลุ่มของเป็นพื้นที่ของกลุ่มต่าง ๆ โดยแบ่งเป็นกลุ่มของพื้นที่ป่าไม้ กลุ่มของพื้นที่ดิน และกลุ่มของพื้นที่ถนน โดยเริ่มการนำพื้นที่ถนนไปสกัดเส้นออกมาแล้วเพิ่มความราบเรียบเข้าไป ขั้นตอนถัดมา

จึงทำการจำแนกพื้นที่ออกเป็นพื้นที่ต่าง ๆ ตามกลุ่มสีที่ได้กำหนดจากค่าเริ่มต้นจุดศูนย์กลางของวิธีการเคมีนส์ จากนั้นทำการประเมินประสิทธิภาพกับส่วนที่เป็นพื้นที่ถนนโดยพบว่าค่าความครบถ้วน (Completeness)ค่าความถูกต้อง (Correctness)และค่าคุณภาพ(Quality)ที่ได้มีค่าสูงทำให้ประสิทธิภาพในส่วนของการสกัดถนนออกมาจากภาพถ่ายดาวเทียมโดยใช้วิธีการที่นำเสนอไปส่งผลให้พื้นที่ถนนที่สกัดได้มีความแม่นยำสูง และประเมินประสิทธิภาพส่วนพื้นที่ที่เหลือทั้งหมดพบว่าค่า การวัดความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) พร้อมด้วยค่าการวัดความถูกต้องในแง่ผู้ใช้ (Recall) การวัดความถูกต้องในแง่ผู้จำแนก (Precision) และการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แค็ปปา (Kappa Coefficient) มีค่าสูงเช่นกันทำให้ประสิทธิภาพในส่วนของการสกัดพื้นที่ออกมาจากภาพถ่ายดาวเทียมโดยใช้กระบวนการสกัดพื้นที่ที่นำเสนอไปมีความแม่นยำสูงเช่นเดียวกัน

6. ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้งานภาพถ่ายดาวเทียมที่มีองค์ประกอบไปด้วยลักษณะของพื้นที่สีเขียว สีน้ำตาล สีเทาเป็นหลัก เนื่องจากในงานวิจัยกำหนดค่าจุดศูนย์กลางเริ่มต้นออกเป็นสามกลุ่มดังที่กล่าวไปในบทที่ 3 แต่ถ้ามีกรณีนอกเหนือจากกลุ่มสีเหล่านี้ก็สามารถทำได้เพียงแต่ต้องไปกำหนดสีให้กับค่าจุดศูนย์กลางเริ่มต้นหรืออาจจะเพิ่มจำนวนกลุ่มจุดศูนย์กลางไปอีกก็ได้

เอกสารอ้างอิง

นารีนาถ รักสุนทร, รัชศักดิ์ สารนอก, วีระโชติธรรมาภรณ์, ปรุงศักดิ์ อัตพุฒ, (2557). “การกำหนดค่าเริ่มต้นของเทคนิคการจัดกลุ่มข้อมูลแบบ k-means ในการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น”, **การประชุมวิชาการเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศแห่งชาติประจำปี2557.**กรุงเทพฯ:สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิมสารสนเทศ(องค์การมหาชน).

Annadate, C.A. & Lobo, P.L.M.R.J., (2014).Road Extraction Using K-Means Clustering and. **International Conference on Image Information Processing (ICIIP 2011)**, 290–292.

Jin, H., Feng, Y. & Li, B., (2008). Road Network Extraction with New Vectorization and Pruning from High-resolution RS Images 2 Performance of the proposed approach. **Proceedings of International Conference on Image and Vision Computing New Zealand**, 26–28.

Mena, J.B., (2006). Automatic vectorization of segmented road networks by geometrical and topological analysis of high resolution binary images. **Knowledge-Based Systems, 19**(1994), 704–718.

Sujatha, C. &Selvathi, D., (2015).Connected component-based technique for automatic extraction of road centerline in high resolution satellite images.**EURASIP Journal on Image and Video Processing, 2015**(1), from http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84925740504&partnerID=tZOtx3y1.

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเรียลไทม์เพื่อสนับสนุนการพัฒนาระบบติดตามสถานการณ์ภัยพิบัติ

Real-time Technology for Supporting the Development of Disaster Monitoring System

มาโนชญ์ รัตนเนนย์ จักรพงศ์ พลหาญ คำรณ อรุณเรื่อ เจษฎา เพ็งสุวรรณ นัยนา สหเวชชภัณฑ์

ManotRattananen JukkrapongPonharn Kamron Aroonrua

JedsadaPhengsuwan NaiyanaSahavechaphan

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

manot.rattananen@nectec.or.th, jukkrapong.ponharn@nectec.or.th

บทคัดย่อ

บทความนี้มุ่งเน้นไปที่การประยุกต์ใช้องค์ความรู้ทางด้านภัยพิบัติ ร่วมกับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติที่มีอยู่ในการพัฒนาระบบติดตามสถานการณ์ภัยพิบัติ เพื่อสร้างความตระหนักและความพร้อมในการรับมือกับภัยพิบัติที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างทันท่วงที โดยทั่วไป ระบบฯ มี 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ 1) การได้มาซึ่งข้อมูลตรวจวัด 2) การประมวลผลสถานการณ์ภัยพิบัติ และ 3) การแสดงผลสถานการณ์ภัยพิบัติ ซึ่งต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่องและใกล้เคียงกับเวลาปัจจุบัน และได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อแสดงผลพื้นที่เสี่ยงภัย ในขณะที่เบื้องหลังมีการทำงานบนพื้นฐานของการสืบค้นข้อมูลจากฐานข้อมูลเป็นระยะ ซึ่งในบางครั้งถือเป็นการสร้างภาระงานที่ไม่จำเป็นและส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานโดยรวม

บทความนี้จึงนำเสนอการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่นอกเหนือจากเทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อสนับสนุนการพัฒนาระบบติดตามสถานการณ์ภัยพิบัติอย่างต่อเนื่องและใกล้เคียงกับเวลาปัจจุบัน ทั้งนี้ โดยประยุกต์ใช้โพรโทคอลMQTT ซึ่งสนับสนุนการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์กับอุปกรณ์ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลตรวจวัดจากสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ การประมวลผลสถานการณ์ภัยพิบัติได้ประยุกต์ใช้ Complex Event Processing ซึ่งสนับสนุนการประมวลผลข้อมูลในหน่วยความจำ ในขณะที่ การแสดงผลสถานการณ์ภัยพิบัติประยุกต์ใช้ Real-time Web ซึ่งสนับสนุนให้เว็บเซิร์ฟเวอร์สามารถสื่อสารไปยังเว็บเบราว์เซอร์โดยตรงจากการทดสอบพบว่าระบบมีภาระงานลดลงกว่า 50% และมีประสิทธิภาพการทำงานสูงขึ้นกว่า 70%

คำสำคัญ: ระบบติดตามสถานการณ์ภัย, MQTT, Complex Event Processing, Real-time Web

ABSTRACT

This paper focuses on the application of existing risk knowledge and sensory data in order to develop the disaster monitoring system. In general, such system consists of 3 main components: (i) the data procurement; (i) the data processing and (ii) the data presentation. These components must be continuously performed in a near real-time manner together with internet GIS server. However, its underlying task typically relies on queries from a database in every specified period of time. This introduces unnecessary workloads and hence degrades the overall system performance.

To overcome the above issue, this paper thus introduces the application of real-time technology to support the development of disaster monitoring system. In particular, MQTT, a machine-to-machine (M2M) connectivity protocol, is utilized for the procurement of sensory data from weather stations. The near real-time data processing applies complex event

processing that enables the processing of data stream in memory. Lastly, the data presentation relies on real-time web that allows web server to directly communicate with web browser. Evaluation result shows that the system workload is reduced more than 50% along with the system performance improvement of 70%

KEY WORDS: Disaster Monitoring System, MQTT, Complex Event Processing, Real-time Web

บทนำ

สภาพอากาศที่รุนแรงมักก่อให้เกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติที่สร้างความสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สินเป็นจำนวนมหาศาล ความสูญเสียเหล่านี้สามารถถูกบรรเทาลงได้หากมีการเตรียมพร้อมรับมือกับภัยพิบัติที่จะเกิดขึ้น (Leon et al., 2006)ในการนี้ "ระบบเตือนภัยล่วงหน้า" จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งยวด ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ 1) องค์ความรู้ทางด้านภัยพิบัติ เช่น ปัจจัย แนวโน้ม และรูปแบบ ที่มีผลกระทบต่อการเสี่ยงภัย 2) การติดตามและแจ้งเตือนสถานการณ์ภัยพิบัติทั้งปัจจุบันและล่วงหน้าอย่างต่อเนื่อง 3) การเผยแพร่ข่าวสารสถานการณ์ภัยพิบัติไปยังผู้เสี่ยงภัยอย่างทั่วถึงและด้วยข้อมูลที่ถูกต้องและชัดเจน และ 4) การรับมือกับสถานการณ์ภัยพิบัติ เช่น การอพยพ และการขนย้ายสิ่งของ

บทความนี้มุ่งเน้นไปที่การประยุกต์ใช้องค์ความรู้ทางด้านภัยพิบัติ ร่วมกับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติที่มีอยู่ในการพัฒนาระบบติดตามสถานการณ์ภัยพิบัติ เพื่อสร้างความตระหนักและความพร้อมในการรับมือกับภัยพิบัติที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างทันท่วงที โดยทั่วไป ระบบฯ มี 3 องค์ประกอบหลัก ซึ่งต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่องและใกล้เคียงกับเวลาปัจจุบัน ได้แก่ 1) การได้มาซึ่งข้อมูลตรวจวัด 2) การประมวลผลสถานการณ์ภัยพิบัติ และ 3) การแสดงผลสถานการณ์ภัยพิบัติด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Internet GIS) อย่างไรก็ดี เบื้องหลังมีการทำงานบนพื้นฐานของการสืบค้นข้อมูลจากฐานข้อมูลเป็นระยะ ซึ่งในบางครั้งถือเป็นการสร้างภาระงานที่ไม่จำเป็นและส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานโดยรวม

บทความนี้จึงนำเสนอการประยุกต์ใช้โพโตรคอล/เทคโนโลยีดังแสดงใน

ตารางที่ 1ซึ่งสนับสนุนการทำงานอย่างต่อเนื่องและใกล้เคียงกับเวลาปัจจุบัน สำหรับพัฒนาระบบติดตามสถานการณ์ภัยพิบัติเพื่อลดภาระการทำงานของเครื่องแม่ข่ายและเครื่องลูกข่ายอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้งานโดยไม่ต้องทำการโหลดหน้าจอใหม่อยู่เป็นระยะๆ และการประมวลผลข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 1โพโตรคอล/เทคโนโลยีที่นำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบติดตามฯ

ระบบติดตามฯ	เทคโนโลยีที่นำมาประยุกต์ใช้
การได้มาซึ่งข้อมูลตรวจวัด	MQTT (MQTT, 2015) สนับสนุนการเชื่อมต่อและการส่งข้อมูลปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์จากสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติมายังระบบฯ
การประมวลผลสถานการณ์ภัยพิบัติ	Complex Event Processing (Luckham, 2002) สนับสนุนการประมวลผลสถานการณ์ภัยในหน่วยความจำ ได้แก่ ภัยน้ำหลาก-ดินถล่ม จากปริมาณน้ำฝนสะสม 24 ชม. และภัยหนาว จากรูปแบบการมีอุณหภูมิต่ำกว่า 15°C 4 วันต่อเนื่อง
การแสดงผลสถานการณ์ภัยพิบัติ	Real-time Web (Balliauw, 2011) สนับสนุนให้เว็บเซิร์ฟเวอร์สามารถส่งข้อมูลสถานการณ์ภัยน้ำหลาก-ดินถล่ม และภัยหนาวไปยังเว็บเบราว์เซอร์โดยตรง
การทำงานร่วมกันระหว่างองค์ประกอบ	Messaging Service (Hohpe and Woolf, 2004) สนับสนุนให้องค์ประกอบทั้งสามสามารถทำงานร่วมกันอย่างเป็นอิสระต่อกัน

ทั้งนี้ เพื่อประเมินถึงความเหมาะสมของเทคโนโลยีฯข้างต้นต่อการพัฒนาระบบติดตามสถานการณ์ภัยพิบัติคณะวิจัยจึงทำการทดสอบประสิทธิภาพของเทคโนโลยีฯจากการทดสอบฯ พบว่าComplex Event Processing และ Web Socket สนับสนุนการประมวลผลสถานการณ์ภัยพิบัติ การแสดงผลสถานการณ์ภัยพิบัติ ซึ่งต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่องและใกล้เคียงกับเวลาปัจจุบัน

เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาระบบติดตามสถานการณ์ภัยพิบัติซึ่งมีคุณสมบัติดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นมีความเกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่หลากหลายโดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 เทคโนโลยีเรียลไทม์เว็บ (Real-time Web)คือกลุ่มของเทคโนโลยีที่สนับสนุนการพัฒนาเว็บแอพพลิเคชันให้มีความสามารถในการปฏิสัมพันธ์และตอบสนองต่อผู้ใช้งานได้ในทันทีเมื่อสถานะหรือสารสนเทศของสิ่งที่ผู้ใช้งานสนใจเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยทั่วไปเทคโนโลยีเรียลไทม์เว็บมักถูกประยุกต์ใช้เพื่อเชื่อมโยงการทำงานร่วมกับอุปกรณ์หรือกระบวนการทำงานของระบบ เช่น การส่งข้อมูลจากสถานีตรวจวัด อุปกรณ์ทดลองทางวิทยาศาสตร์ และการคมนาคมและขนส่ง เป็นต้น คณะวิจัยได้ทำการศึกษาเทคโนโลยีเรียลไทม์เว็บเพื่อการออกแบบและพัฒนากลไกการสื่อสารระหว่างเว็บเบราว์เซอร์และเว็บเซิร์ฟเวอร์ในการส่งสถานะและข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ภัยพิบัติ เช่น การแจ้งเตือนสถานการณ์ภัยพิบัติ การให้บริการข้อมูลตรวจวัดจากเซ็นเซอร์ เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งไปยังผู้ใช้งานผ่านเว็บแอพพลิเคชันในทันที เมื่อสถานะการณ์มีการเปลี่ยนแปลง โดยปัจจุบันได้มีการนำเสนอวิธีที่สนับสนุนกลไกดังกล่าวในหลายวิธี เช่น Polling, Long Pollingและ Web Socket (Wanget al., 2013) จากการศึกษาพบว่า WebSocketมีความเหมาะสมที่สุดในการพัฒนาระบบให้มีคุณสมบัติตามต้องการ โดยรูปที่ 18แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานระหว่างเทคโนโลยี Polling และ WebSocketทั้งนี้ Web Socket เป็นโพรโทคอลที่ปรับปรุงมาจากโพรโทคอลHTTP เพื่อสนับสนุนการสื่อสารระหว่างเว็บเบราว์เซอร์และเว็บเซิร์ฟเวอร์แบบสองทาง (Full-duplex) ภายใต้ช่องการสื่อสารเดียวกัน วิธีการนี้จะทำให้เว็บเซิร์ฟเวอร์สามารถสื่อสารไปยังเว็บเบราว์เซอร์ได้โดยตรงโดยไม่ต้องรอการร้องขอ จากเว็บเบราว์เซอร์ อีกทั้งยังสามารถ กำหนดรูปแบบและปริมาณข้อมูลที่จะส่งไปยังเว็บเบราว์เซอร์ได้เอง

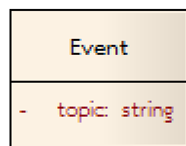
2.2 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เป็นเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการ การวิเคราะห์และการแสดงผลข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (พิพัธน์ เรืองแสง, 2555)ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงฟังก์ชันการทำงานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ทุกที่ทุกเวลาผ่านทางคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์สื่อสารใด ๆ อีกทั้งสนับสนุนให้ข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ซึ่งให้บริการโดยหน่วยงานต่าง ๆ สามารถบูรณาการร่วมกันได้อย่างคล่องตัว ทั้งนี้ ปัจจุบันได้มีการกำหนดมาตรฐานข้อมูลและบริการที่เป็นสากลโดยกลุ่มรวมธุรกิจOGC (Open Geospatial Consortium) โดยมาตรฐานที่กำหนดมีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ ได้แก่

1) OGC Web Services (OWS) เป็นกลุ่มของมาตรฐานที่สนับสนุนการพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ใน การให้บริการข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต รวมถึงการให้บริการด้านอื่น ๆ เช่น บริการสืบค้นข้อมูล การวิเคราะห์ ข้อมูล และการนำเสนอข้อมูล เป็นต้น มาตรฐาน OWS ถูกพัฒนาขึ้นบนพื้นฐานสถาปัตยกรรมเชิงบริการหรือ SOA (Erl, 2005)และเทคโนโลยีเว็บเซอร์วิส (Barry, 2013)โดยมาตรฐาน OWS สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มได้แก่ (1) มาตรฐานในการสร้างบริการสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Standard Service) เช่น เซอร์วิสสารบัญ (Catalog Service for the Web หรือCSW) (Nebertet al., 2007)เซอร์วิสข้อมูลเชิงแผนที่ (Web Map Service หรือWMS) (Beaujardiere, 2006)และ เซอร์วิสข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Web Feature Service หรือ WFS) (Vretanos, 2007)เป็นต้น และ (2) มาตรฐานข้อมูล (Standard Encoding) ซึ่งประกอบด้วย มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบของข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ การอ้างอิงตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ การคัดกรองข้อมูลและการแสดงผลข้อมูล เป็นต้น

2) Sensor Web Enablement (SWE) (Echterhoff, 2011)เป็นมาตรฐาน OGC ที่มุ่งเน้นการทำงานกับข้อมูลตรวจวัดจากเซ็นเซอร์ เช่น อุณหภูมิ ความชื้นในดิน และปริมาณน้ำฝน เป็นต้น ทั้งนี้ การใช้งานข้อมูลตรวจวัดมีปัจจัยที่ต้องคำนึงหลายประการ เช่น รูปแบบข้อมูลตรวจวัด คุณภาพของข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์ที่แตกต่างกัน และประสิทธิภาพของเครื่องตรวจวัด เป็นต้น โดยหน่วยงานที่มีการติดตั้งเซ็นเซอร์สามารถใช้มาตรฐาน SWE เพื่อให้บริการข้อมูลและการเข้าถึงฟังก์ชันการ

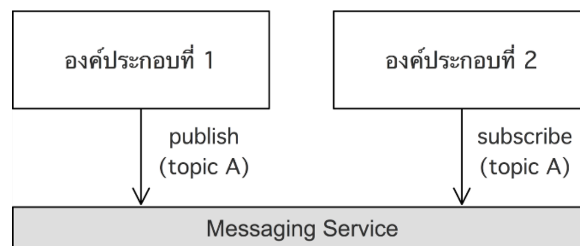
ทำงานของเซ็นเซอร์ ผู้ใช้สามารถใช้ประโยชน์จากบริการเหล่านี้ได้ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทั้งนี้ มาตรฐาน SWE ที่ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ได้แก่ Sensor Observation Service(SOS) (Bröringet al., 2012)เพื่อสร้างเว็บเซอร์วิสให้บริการข้อมูลตรวจวัด O&M (Cox, 2011)เพื่ออธิบายรูปแบบและคุณสมบัติอื่น ๆ ของข้อมูลและSensorML (Echterhoff, 2011)เพื่อใช้อธิบายคุณสมบัติของเซ็นเซอร์

2.3 สถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์ที่ใช้เหตุการณ์เป็นตัวขับเคลื่อน (Event Driven Architecture) เป็นสถาปัตยกรรมหนึ่งในการออกแบบและพัฒนาแอพพลิเคชันที่มีรูปแบบการทำงานโดยการตอบสนองต่อ “เหตุการณ์” หรือ “อีเวนต์ (event)” ที่เข้ามากระตุ้น โดยอีเวนต์ที่มีความแตกต่างจะส่งผลให้แอพพลิเคชันมีพฤติกรรมการทำงานที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ อีเวนต์ในสถาปัตยกรรมนี้หมายถึง ปรากฏการณ์ที่ได้รับความสนใจซึ่งเกิดขึ้นภายใต้ระบบหรือขอบเขตการทำงานหนึ่งๆ เช่น อีเวนต์ข้อมูลอุณหภูมิ (เกิดจากการทำงานของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ) และอีเวนต์ภัยหนาว (เกิดจากระบบประเมินสถานการณ์ภัยหนาว) เป็นต้น อีเวนต์เหล่านี้จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปแบบโครงสร้างข้อมูลที่คอมพิวเตอร์สามารถประมวลผลได้ เช่น XML JSON หรือข้อมูลเชิงวัตถุ (object) โดยงานวิจัยนี้ได้เลือกการแปลงอีเวนต์ให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลเชิงวัตถุ ซึ่งมีข้อมูลพื้นฐานได้แก่ topic ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8อีเวนต์ในรูปแบบโครงสร้างข้อมูลเชิงวัตถุ

นอกจากนี้ ในการพัฒนาแอพพลิเคชันบนพื้นฐานสถาปัตยกรรมฯ อาจจะมีองค์ประกอบย่อยหลายๆ ส่วนซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้สามารถทำงานแยกเป็นอิสระจากกัน (loosely coupling) และสื่อสารกันได้โดยการส่งอีเวนต์ระหว่างองค์ประกอบโดยอาศัยเทคโนโลยีการส่งข้อความ (Messaging Technology) (Hohpe andWoolf, 2004)และรูปแบบการส่งข้อความแบบพับลิช/ซับสไครบ์ (publish/subscribe) เพื่อให้องค์ประกอบต่างๆ รับอีเวนต์ตาม “topic” ที่สนใจ ดังแสดงในรูปที่ 9



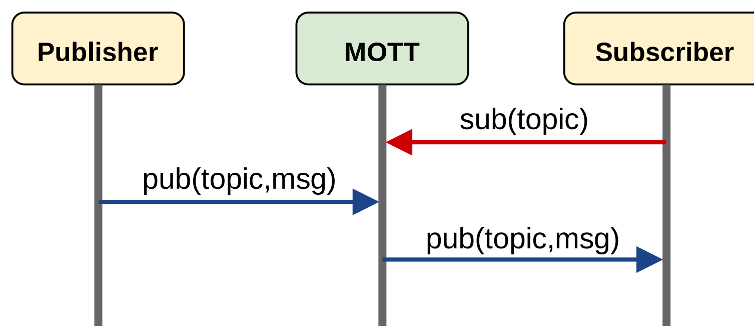
รูปที่ 9การสื่อสารระหว่างองค์ประกอบโดยอาศัยเทคโนโลยีการส่งข้อความ

2.4 Complex Event Processing (CEP) (Luckham, 2002)เป็นเทคนิคในการประมวลผลข้อมูลที่ไหลเข้ามาเป็นจำนวนมากอย่างต่อเนื่อง โดยหลักการทำงานของ CEP คือการพิจารณาหน่วยข้อมูลหนึ่งๆ ในรูปของอีเวนต์ (event) อีเวนต์เหล่านี้ซึ่งมาจากหลายแหล่งข้อมูลจะถูกจัดเรียงเป็นสตรีม (event stream) และนำเข้าสู่ส่วนประมวลผลของ CEP หรือ CEP Engine เพื่อทำการคัดกรองหรือตรวจจับเหตุการณ์สำคัญตามกฎและเงื่อนไขที่ได้ถูกออกแบบไว้สำหรับแต่ละแอพพลิเคชัน ทั้งนี้ การประยุกต์ใช้งาน CEP ในระบบติดตามสถานการณ์ภัยพิบัติจะช่วยให้ระบบฯ สามารถวิเคราะห์สถานการณ์ได้ในทันที เมื่อข้อมูลใหม่ถูกนำเข้าสู่ระบบ โดยปัจจุบันได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ในการประมวลผลข้อมูลด้วย CEP ในหลายรูปแบบ เช่น Esper (Espertech, 2015) Oracle Stream Explorer (Oracle, 2015)และ Microsoft Stream Insight (Microsoft, 2015) เป็นต้น

2.5 Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) เป็นโปรโตคอลที่ออกแบบมาเพื่อการเชื่อมต่อแบบ M2M (Machine-to-Machine) สนับสนุนเทคโนโลยี IoT (Internet of Things) สำหรับให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เช่น โทรศัพท์มือถือ รถยนต์ นาฬิกา หรืออุปกรณ์เซนเซอร์ สามารถเชื่อมต่อและแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันได้

เนื่องจากโปรโตคอลนี้มีขนาดเบา (lightweight) และมีกลไกลการสื่อสารที่เรียบง่าย จึงเหมาะสำหรับการนำมาใช้ในการติดต่อสื่อสารในอุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อม เนื่องจากอุปกรณ์เหล่านี้มีกำลังการประมวลผลน้อย และใช้พลังงานต่ำ อีกทั้งมีอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งจะทำให้เกิด overhead สูงเกินจำเป็นในกรณีที่มีการสื่อสารด้วยโปรโตคอลปกติ

MQTT ใช้หลักการแบบ publisher/subscriber คล้ายกับหลักการที่ใช้ใน Web Service ที่ต้องใช้ Web Server เป็นตัวกลางระหว่างคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้ แต่ MQTT จะใช้ตัวกลางที่เรียกว่า Broker เพื่อทำหน้าที่จัดการคิว รับ - ส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ และทั้งในส่วนที่เป็น Publisher และ Subscriber ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10การสื่อสารผ่านทาง MQTT

ระบบติดตามและเฝ้าระวังภัยพิบัติ

ระบบติดตามและเฝ้าระวังภัยพิบัติได้รับการพัฒนาขึ้น บนพื้นฐานของสถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์ที่มีอีเวนต์ (หรือเหตุการณ์) เป็นตัวขับเคลื่อนการทำงาน รูปที่ 11แสดงสถาปัตยกรรมของระบบฯ ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่

1) การได้มาซึ่งข้อมูลตรวจวัด

ทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลตรวจวัดจากเซ็นเซอร์ และแปลงข้อมูลตรวจวัดให้อยู่ในรูปแบบอีเวนต์

2) การประมวลผลสถานการณ์ภัยพิบัติ

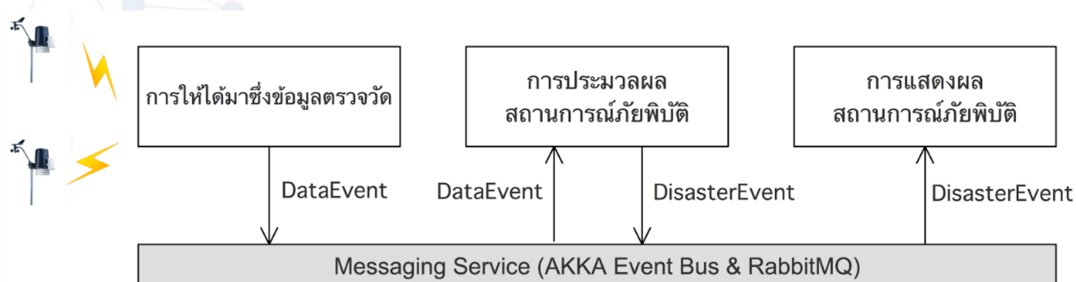
ทำหน้าที่ประมวลผลอีเวนต์ที่ทยอยเข้ามาแบบเรียลไทม์ เพื่อประเมินสถานการณ์ภัยพิบัติประเภทต่างๆ เช่น ภัยน้ำหลาก- ดินถล่ม ภัยหนาว เป็นต้น

3) การแสดงผลสถานการณ์ภัยพิบัติ

ทำหน้าที่แสดงข้อมูลตรวจวัดจากเซ็นเซอร์และสถานการณ์ภัยพิบัติผ่านทางเว็บแอพพลิเคชั่นอย่างเรียลไทม์ โดยมีวิธีการนำเสนอข้อมูลที่หลากหลาย เช่น แผนที่ ตาราง และกราฟ เป็นต้น

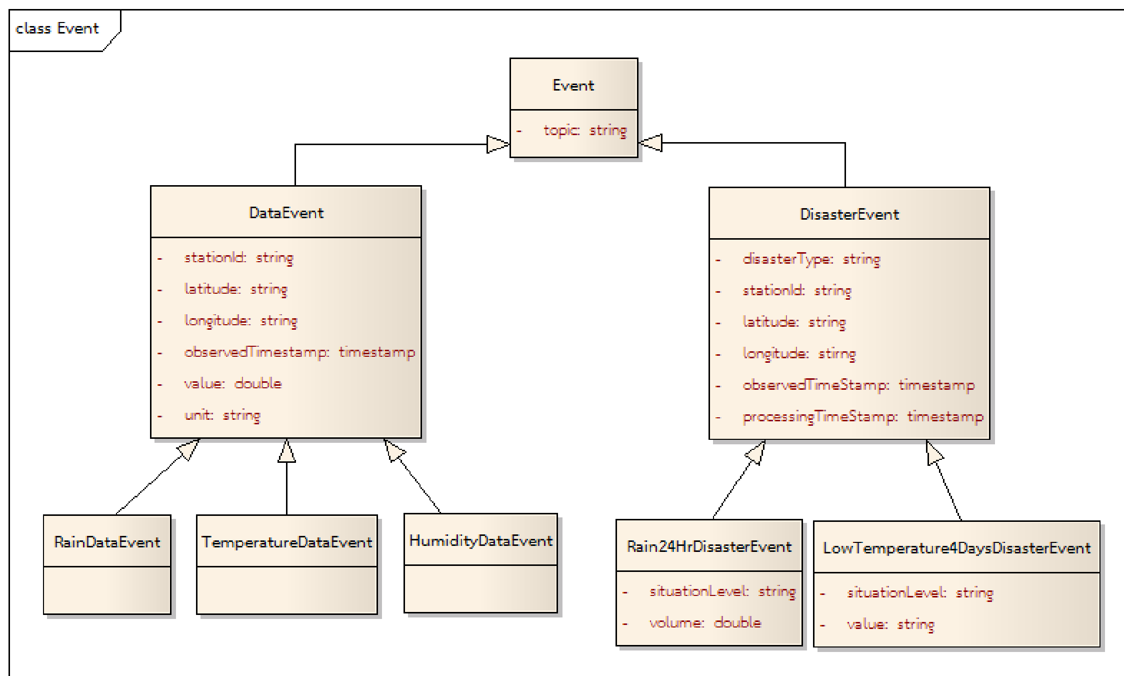
4) การทำงานร่วมกันระหว่างองค์ประกอบ

ทำหน้าที่ในการรับ-ส่งอีเวนต์ระหว่างองค์ประกอบภายในระบบฯ บนพื้นฐานของเทคโนโลยีการส่งข้อความ โดยมี Akka Event Bus (Howell, 2014)และ RabbitMQ (RabbitMQ, 2015)ทำหน้าที่บริการส่งข้อความ (อีเวนต์)



รูปที่ 11สถาปัตยกรรมของระบบติดตามและเฝ้าระวังภัยพิบัติ

นอกจากนี้ คณะวิจัยได้ออกแบบโครงสร้างอีเวนต์ ดังแสดงในรูปที่ 12โดยแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม ได้แก่ (1) อีเวนต์ข้อมูลตรวจวัดจากเซ็นเซอร์ (DataEvent) และ (2) อีเวนต์สถานการณ์ภัยพิบัติ (DisasterEvent) ข้อมูลตรวจวัดถูกสร้างขึ้นจากเซ็นเซอร์อย่างต่อเนื่อง และถูกส่งมายัง “ส่วนการได้มาซึ่งข้อมูลตรวจวัด” อย่างต่อเนื่องด้วยเช่นกัน ข้อมูลเหล่านี้จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปแบบของอีเวนต์ในกลุ่ม DataEventเพื่อส่งต่อไปยัง “ส่วนการประมวลผลสถานการณ์ภัยพิบัติ” ผ่านทาง Akka Event Bus จากนั้น ส่วนการประมวลผลสถานการณ์ภัยพิบัติจะทำการประมวลผลและ/หรือตรวจจับรูปแบบ (pattern) ของอีเวนต์ตามกฎที่สร้างขึ้นบนพื้นฐานขององค์ความรู้ด้านภัยพิบัติ และการประยุกต์ใช้ Complex Event Processing และเมื่อประมวลผลและ/หรือตรวจพบสถานการณ์ภัยพิบัติจะสร้างอีเวนต์ในกลุ่ม DisasterEventและส่งอีเวนต์ดังกล่าวไปยัง “ส่วนการแสดงผลข้อมูลภัยพิบัติ” (โดยผ่านทาง RabbitMQ) เพื่อให้ผู้ใช้งานรับทราบสถานการณ์ภัยพิบัติได้ในทันทีและนำเข้าสู่ระบบฯอย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 12โครงสร้างของอีเวนต์ที่ใช้งานในระบบติดตามฯ

โดยองค์ประกอบการได้มาซึ่งข้อมูลซึ่งรองรับเว็บเซอร์วิสแบบRESTfulบนโพรโทคอลHTTP และ MQTT ข้อมูลเหล่านี้จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปแบบของอีเวนต์ในกลุ่ม DataEventเพื่อส่งต่อไปยังองค์ประกอบการประมวลผลสถานการณ์ภัยพิบัติ (โดยผ่านทาง Akka Event Bus) จากนั้น ส่วนการประมวลผลสถานการณ์ภัยพิบัติจะทำการตรวจจับรูปแบบ (pattern) ของอีเวนต์ตามกฎซึ่งถูกสร้างขึ้นบนพื้นฐานขององค์ความรู้ด้านภัยพิบัติและประมวลผลด้วยเทคนิค CEP และเมื่อตรวจพบสถานการณ์ภัยพิบัติก็จะสร้างอีเวนต์ในกลุ่ม DisasterEventและส่งอีเวนต์ไปยังส่วนการแสดงผลข้อมูลภัยพิบัติ (โดยผ่านทาง RabbitMQ) เพื่อให้ผู้ใช้งานรับทราบสถานการณ์ภัยพิบัติได้ในทันที

3.1 การได้มาซึ่งข้อมูลตรวจวัด

ส่วนการได้มาซึ่งข้อมูลตรวจวัด เป็นเซอร์วิสแบบ RESTfulบนโพรโทคอลHTTP และ MQTT ทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลจากการตรวจวัดสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ข้อมูลอุณหภูมิ และข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งได้มาจากเซนเซอร์หรือสถานีตรวจวัดที่ติดตั้งกระจายอยู่ในพื้นที่ต่างๆ ผ่านช่องทางการสื่อสารที่เหมาะสมกับแต่ละพื้นที่ เช่น เครือข่าย 3G หรืออินเทอร์เน็ตผ่านดาวเทียม เป็นต้น โดยกระบวนการเริ่มต้นที่การลงทะเบียนอุปกรณ์ตรวจวัด จากนั้น จึงจะสามารถทำการรับข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจวัดนั้นๆได้อย่างต่อเนื่อง และเมื่อใดก็ตามที่ได้รับข้อมูลตรวจวัด จะทำรวบรวมและแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปอีเวนต์ เพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

3.1.1 ข้อมูลโพรไฟล์ของอุปกรณ์ตรวจวัด (device profile) ประกอบด้วย ชื่ออุปกรณ์ตรวจวัด เช่น ชื่อสถานีตรวจวัด หรือเซ็นเซอร์ (device) ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ (latitude และ longitude) ประเภทข้อมูลตรวจวัด (data type) และหน่วยนับของข้อมูลตรวจวัด (unit) ดังแสดงในรูปที่ 13ทั้งนี้ เพื่อประโยชน์ในการติดตามสถานะของอุปกรณ์และจัดการกลุ่มข้อมูล


```
{
    "device":"CM-LS-001",
    "latitude":"18.931601",
    "longitude":"99.013092",
    "data": [
        {"type":"temperature",
         "unit":"degreecelcius"
        },
        {"type":"humidity",
         "unit":"percent"
        },
        {"type":"rain",
         "unit":"degree millimeter"
        }
    ]
}
```


รูปที่ 13ข้อมูลโพรไฟล์ของอุปกรณ์ตรวจวัด

3.1.2 ข้อมูลตรวจวัดจากเซนเซอร์ หรือข้อมูลสภาพอากาศจากแหล่งกำเนิดข้อมูลประเภทต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น ข้อมูลอุณหภูมิ และค่าความชื้นสัมพัทธ์จากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ โดยเบื้องต้นมักอยู่ในรูปอนาล็อกซึ่งเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าจะต้องถูกแปลงให้อยู่ในรูปดิจิตอลด้วยไมโครคอนโทรเลอร์ของสถานีตรวจวัด ส่งเข้ามายังระบบฯในลักษณะสตรีมหรือต่อเนื่องด้วยโปรโตคอล HTTP หรือ MQTT โดยรูปที่ 14แสดงโครงสร้างของข้อมูลตรวจวัดในรูปแบบ jsonpayloadที่ถูกส่งเข้ามา


```
{
    "protocol":"v1",
    "ts":20151010124520,
    "device":"CM-LS-001",
    "data": {
        "temperature" : 30.5,
        "humidity" : 60,
        "rain":10.20
    }
}
```


รูปที่ 14ข้อมูลตรวจวัดในรูป JSON Payload

3.1.3 ข้อมูลตรวจวัดในรูปอีเวนต์ เป็นข้อมูลที่แปลงจากข้อมูลตรวจวัดซึ่งถูกส่งเข้ามาอย่างต่อเนื่องในรูปแบบ json payload ให้อยู่ในรูปอีเวนต์กลุ่ม DataEventได้แก่ TemperatureDataEvent, HumidityDataEventและ RainDataEvent ซึ่งจะถูกนำส่งไปยัง "ส่วนประมวลผลสถานการณ์ภัยพิบัติ" ผ่านทาง Akka Event Bus

3.1.4 ประวัติข้อมูลตรวจวัด เป็นการจัดเก็บข้อมูลตรวจวัดซึ่งถูกส่งเข้ามาอย่างต่อเนื่องในรูปแบบ jsonpayloadให้อยู่ในรูป log data เพื่อใช้ประโยชน์ในการเรียกค้นในรูปแบบ History Data

3.2 การประมวลผลสถานการณ์ภัยพิบัติ

คณะวิจัยได้ประยุกต์ใช้ Complex Event Processing (CEP)ซึ่งสนับสนุนการประมวลผลข้อมูลที่เข้ามาอย่างต่อเนื่อง ในหน่วยความจำ เพื่อประมวลผลสถานการณ์ภัยธรรมชาติ ได้แก่ ภัยน้ำหลาก-ดินถล่ม และภัยหนาว โดยในที่นี้คณะวิจัยได้เลือกใช้ Esperเนื่องจากเป็น open source เป็นที่นิยม และมีภาษา Complex Query Language (CQL) (อ้างอิงภาษา Structured Query Language (SQL)) สนับสนุนการประมวลผลข้อมูลแบบง่ายจนกระทั่งซับซ้อน

3.2.1 การประมวลผลภัยน้ำหลาก-ดินถล่ม

ภัยน้ำหลาก-ดินถล่ม ประเมินจากปริมาณน้ำฝนสะสม 24 ชั่วโมง โดยแบ่งระดับภัยฯออกเป็น 4 ระดับ ตามปริมาณน้ำฝนสะสม ได้แก่ ระดับปกติ ระดับติดตาม ระดับเฝ้าระวัง และระดับเตือนภัย สำหรับปริมาณน้ำฝนสะสม 0-50 มิลลิเมตร 50-70 มิลลิเมตร 70-100 มิลลิเมตร และ 100 มิลลิเมตรขึ้นไป ตามลำดับ ดังนั้น ในการประเมินภัยน้ำหลาก-ดินถล่มนี้ จะได้รับอีเวนต์RainDataEventอย่างต่อเนื่อง พร้อมประมวลผลรวมของปริมาณน้ำฝนสะสมจากอีเวนต์RainDataEventที่ได้รับเข้ามาในช่วง 24 ชั่วโมงใดๆ ดังแสดงในรูปที่ 15

```
select irstreamstationId, latitude, longitude, observedTimeStamp, sum(value) as volume24Hr
from RainDataEvent.win:time(24 hours) ;
```

รูปที่ 15CQL ในการประมวลผลภัยน้ำหลาก-ดินถล่ม

3.2.2 การประมวลผลภัยหนาว

ภัยหนาว ประเมินจากรูปแบบการมีอุณหภูมิต่ำกว่า 15°C 4 วันต่อเนื่อง โดยแบ่งระดับภัยฯออกเป็น 2 ระดับ ตามการพบรูปแบบ ได้แก่ ระดับปกติ และระดับหนาว ดังนั้น ในการประเมินภัยหนาวนี้ จะได้รับอีเวนต์TemperatureDataEvent อย่างต่อเนื่อง พร้อมประมวลผลการดักจับรูปแบบการมีอุณหภูมิต่ำกว่า 15°C 4 วันต่อเนื่อง จากอีเวนต์ TemperatureDataEventที่ได้รับเข้ามาในช่วง 4 วันใดๆ ดังแสดงในรูปที่ 16

```
select * from TemperatureDataEvent(value<=15.0) match_recognize (
partition by stationId
measures A.stationId as a_stationId, count(B.stationId) as count_b, C.stationId as c_stationId,
        count(D.stationId) as count_d, E.stationId as e_stationId, count(F.stationId) as count_f, G.stationId as g_stationId,
        G.latitude as g_latitude, G.longitude as g_longitude, A.value as a_value, C.value as c_value, E.value as e_value,
        G.value as g_value, G.observedTimeStamp as g_observedTimeStamp


after match skip to next row pattern (A B* C D* E F* G) define


A as A.value<= 15.0,
B as B.observedDateTime.getDayOfYear() = A.observedDateTime.getDayOfYear(),
C as C.value<= 15.0 and
C.observedDateTime.getDayOfYear() = A.observedDateTime.plus(1440 minutes).getDayOfYear() ,
D as D.observedDateTime.getDayOfYear() = C.observedDateTime.getDayOfYear(),
E as E.value<= 15.0 and
E.observedDateTime.getDayOfYear() = C.observedDateTime.plus(1440 minutes).getDayOfYear()
F as F.observedDateTime.getDayOfYear() = E.observedDateTime.getDayOfYear()
G asG.value<= 15.0 and
G.observedDateTime.getDayOfYear() = E.observedDateTime.plus(1440 minutes).getDayOfYear()
)
```

รูปที่ 16CQL ในการประมวลผลภัยหนาว

3.3 การแสดงผลสถานการณ์ภัยพิบัติ

ส่วนการแสดงผลสถานการณ์ภัยพิบัติ ถือเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสื่อสารกับผู้ใช้ จึงควรมีคุณสมบัติที่สำคัญ 2 ด้าน ได้แก่ (1) ด้านการนำเสนอข้อมูลให้ง่ายต่อการเข้าใจ ทั้งการจัดวางเนื้อหาและใช้เครื่องมือในการนำเสนอข้อมูล เช่น แผนที่ กราฟ และตาราง เป็นต้น และ (2) ด้านการนำเสนอข้อมูลแบบใกล้เคียงกับเวลาปัจจุบันและอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ ในด้านที่ 2 คณะวิจัยเลือกใช้เทคโนโลยี WebSocketซึ่งสนับสนุนให้เว็บเซิร์ฟเวอร์สามารถส่งข้อมูลไปยังเว็บเบราว์เซอร์โดยตรง กล่าวคือ เว็บเซิร์ฟเวอร์จะทำการเชื่อมต่อกับเว็บเบราว์เซอร์ผ่านทาง WebSocketและเมื่อใดก็ตามที่เว็บเซิร์ฟเวอร์สร้างข้อมูล เว็บเซิร์ฟเวอร์จะส่งข้อมูลนั้นๆไปยังเว็บเบราว์เซอร์ โดยที่เว็บเบราว์เซอร์ไม่จำเป็นต้องทำการร้องขอข้อมูลจากเว็บเซิร์ฟเวอร์เป็นระยะๆ ซึ่งช่วยลดความคับคั่งของปริมาณการร้องขอข้อมูล และภาระการทำงานของเว็บเซิร์ฟเวอร์ การเชื่อมต่อผ่านทาง WebSocketนี้ ดำเนินการบนพื้นฐานของหัวเรื่อง (Topic) ที่สนใจ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2หัวเรื่อง (Topic) ที่ให้บริการข้อมูลผ่านทาง WebSocket

หัวข้อ (Topic)	คำอธิบาย
ews.websocket.disaster.Rain24Hr	ข้อมูลสถานการณ์ภัยน้ำหลากดินถล่มของแต่ละสถานีตรวจวัด
ews.websocket.disaster.LowTemperature4Days	ข้อมูลสถานการณ์ภัยหนาวของแต่ละสถานีตรวจวัด

การทดสอบประสิทธิภาพ

คณะวิจัยได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้ Complex Event Processing และ Web Socket ต่อการประมวลผลสถานการณ์ภัยธรรมชาติ และการแสดงผลสถานการณ์ภัยธรรมชาติ ตามลำดับ ซึ่งต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่องและใกล้เคียงกับเวลาปัจจุบัน บนสมมุติฐานดังนี้

1) Complex Event Processing สนับสนุนการประมวลผลสถานการณ์ภัยฯแบบเรียลไทม์
2) WebSocketสนับสนุนการได้รับข้อมูลแบบเรียลไทม์
3) WebSocketสนับสนุนการใช้ทรัพยากรคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสม

4.1 การเตรียมการทดสอบ

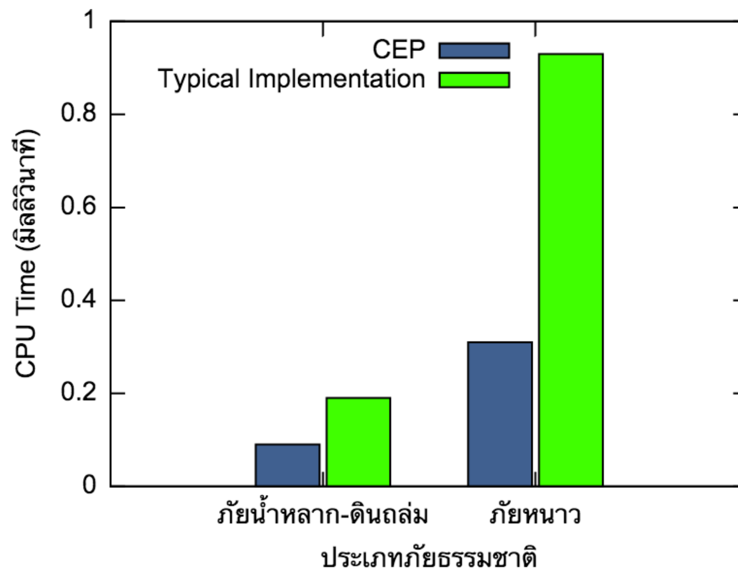
ในการทดสอบประสิทธิภาพของเทคโนโลยีข้างต้น คณะวิจัยได้ทำการพัฒนา

1) โมดูลจำลองการสร้างอีเวนต์RainDataEvent 1 อีเวนต์ ซึ่งมีขนาด 400 Bytes ในทุกช่วงเวลาตั้งแต่ 100 - 1,000 มิลลิวินาที ตลอดช่วงเวลา 1 และ 10 นาที
2) โมดูลการประมวลผลสถานการณ์ภัยธรรมชาติ ด้วยการใช้งาน Complex Event Processing บนพื้นฐานของ CQL ในหัวข้อที่ 4.2
3) โมดูลการประมวลผลสถานการณ์ภัยธรรมชาติ ด้วยอัลกอริทึมที่ผู้พัฒนามักสร้างขึ้นเองโดยมีใช้งานข้อมูลในหน่วยความจำ
4) เว็บแอพลิเคชั่นที่ส่งอีเวนต์RainDataEventจากเว็บเซิร์ฟเวอร์ไปยังเว็บเบราว์เซอร์ ผ่านทาง WebSocket
5) เว็บแอพลิเคชั่นที่ส่งอีเวนต์RainDataEventจากเว็บเซิร์ฟเวอร์ไปยังเว็บเบราว์เซอร์ ผ่านทาง Polling โดยใช้งานผ่านทาง AJAX โดยเว็บเบราว์เซอร์ทำการร้องขออีเวนต์RainDataEventยังเว็บเซิร์ฟเวอร์ทุกๆ 0 - 1,000 มิลลิวินาที ในขณะที่เว็บเซิร์ฟเวอร์ส่งอีเวนต์RainDataEventทั้งหมดที่เว็บเบราว์เซอร์ยังไม่ได้รับกลับไปยังเว็บเบราว์เซอร์ต่อรอบการร้องขอ

โดยโมดูลและเว็บแอพลิเคชั่นข้างต้นทำงานบนบนเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย CPU 2 Core 2GHz หน่วยความจำ 8 GB พื้นที่ฮาร์ดดิส350 GB ในขณะที่เว็บบราวเซอร์ใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย ความเร็ว 30 MB หน่วยความจำ 8 GB พื้นที่ฮาร์ดดิส500 GB เครื่องแม่ข่ายและเครื่องลูกข่ายติดต่อกันบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตภายใต้สภาพแวดล้อมการใช้งานจริง และมีการจัดการเวลาของเครื่องแม่ข่ายและเครื่องลูกข่ายให้เทียบเท่ากันด้วยการใช้ Network Time Protocol (NTP)

4.2 Complex Event Processingสนับสนุนการประมวลผลสถานการณ์ภัยฯแบบเรียลไทม์

การทดสอบนี้วัด cpu time ในการประมวลผลสถานการณ์ภัยน้ำหลาก-ดินถล่ม และภัยหนาว โดยเทียบการประยุกต์ใช้งาน Complex Event Processing กับอัลกอริทึมที่ผู้พัฒนามักสร้างขึ้นเองโดยมีใช้งานข้อมูลในหน่วยความจำ



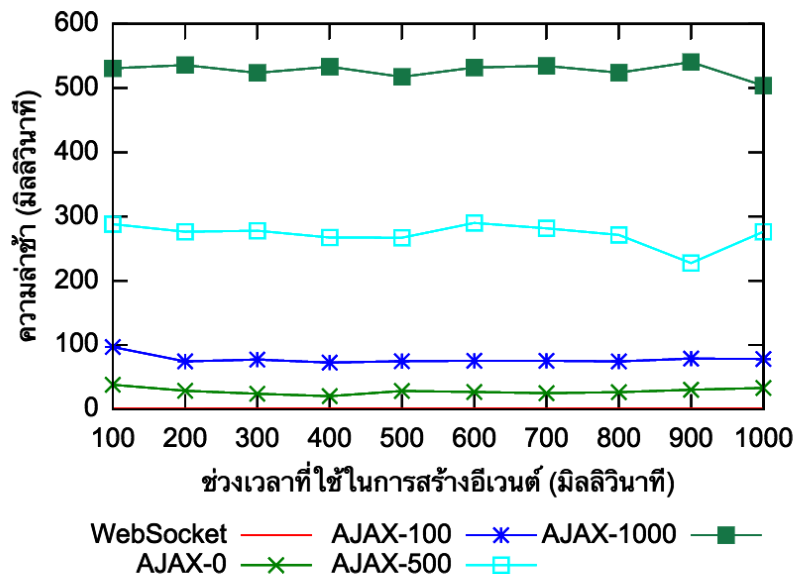
รูปที่ 17กราฟแสดง CPU Time ในการประมวลผลสถานการณ์ภัยฯ

รูปที่ 17แสดง cpu time ในการประมวลผลสถานการณ์ภัยน้ำหลาก-ดินถล่ม และภัยหนาว โดยแกน x แสดงประเภทภัยฯ และแกน y แสดง cpu time ทั้งนี้ พบว่า Complex Event Processing มีประสิทธิภาพในการประมวลผลสถานการณ์ภัยน้ำหลาก-ดินถล่ม และภัยหนาวสูงกว่าอัลกอริทึมที่ผู้พัฒนาสร้างขึ้นเองโดยมีใช้งานข้อมูลในหน่วยความจำประมาณ 2-3 เท่า ในหน่วยมิลลิวินาที เนื่องด้วย Complex Event Processing มีกลไกจัดการการประมวลผลเท่าที่จำเป็น ในขณะที่อัลกอริทึมทั่วไปต้องทำการประมวลผลข้อมูลทั้งหมดทุกครั้งที่มีข้อมูลใหม่เข้ามา

4.3 WebSocketสนับสนุนการได้รับข้อมูลแบบเรียลไทม์

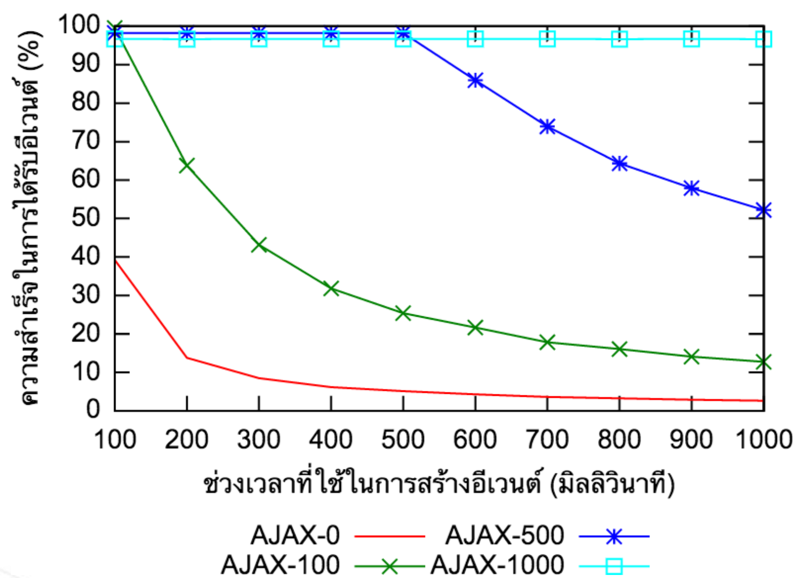
การทดสอบนี้วัดระยะเวลาที่เว็บเบราว์เซอร์ได้รับอีเวนต์นับจากเวลาที่เว็บเซิร์ฟเวอร์สร้างอีเวนต์นั้นๆ (หรือความล่าช้าในการได้รับข้อมูล) โดยเทียบการส่งข้อมูลจากเว็บเซิร์ฟเวอร์มายังเว็บเบราว์เซอร์ผ่านทาง WebSocketกับวิธีแบบ Polling บนพื้นฐานของอีเวนต์ที่ถูกสร้างขึ้นทุกๆ 0-1,000 มิลลิวินาที ตลอดช่วงเวลา 1 นาที รวมถึงได้วัดร้อยละของความสำเร็จในการได้รับอีเวนต์ต่อจำนวนการร้องขออีเวนต์ทั้งหมดแบบ Polling

รูปที่ 18 แสดงความล่าช้าในการได้รับข้อมูลผ่านทาง WebSocketและวิธีแบบ Polling โดยแกน x แสดงช่วงเวลาที่ใช้ในการสร้างอีเวนต์ และแกน y แสดงความล่าช้าในการได้รับอีเวนต์ ทั้งนี้ พบว่า WebSocketมีประสิทธิภาพดีที่สุด รองลงมาคือ Polling ทุกมิลลิวินาที และทุก 100 มิลลิวินาที ในขณะที่ Polling ทุก 500 และ 1,000 มิลลิวินาที มีประสิทธิภาพปานกลาง และต่ำสุด ตามลำดับ ทั้งนี้ เนื่องด้วย WebSocketสนับสนุนให้เว็บเซิร์ฟเวอร์ส่งอีเวนต์ไปยังเว็บเบราว์เซอร์โดยตรง ในขณะที่ วิธีแบบ Polling เว็บเบราว์เซอร์จะต้องร้องขออีเวนต์ไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์ และรอให้เว็บเซิร์ฟเวอร์ส่งอีเวนต์กลับมาดังนั้น เมื่อมีการร้องขออีเวนต์บ่อยจะทำให้ความล่าช้าในการได้รับอีเวนต์ที่ฝั่งเว็บเบราว์เซอร์มีน้อยลง แต่หากมีการทิ้งช่วงในการร้องขออีเวนต์ในแต่ละครั้งให้นานขึ้น ความล่าช้าของการได้รับที่เว็บเบราว์เซอร์ก็จะมีมากขึ้นตาม นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น อาทิ ขนาดของอีเวนต์ การทำงานของเว็บเซิร์ฟเวอร์ และความเร็วของอินเทอร์เน็ต



รูปที่ 18กราฟแสดงความล่าช้าในการรับอีเวนต์ โดยเทียบ WebSocketและวิธีแบบ Polling

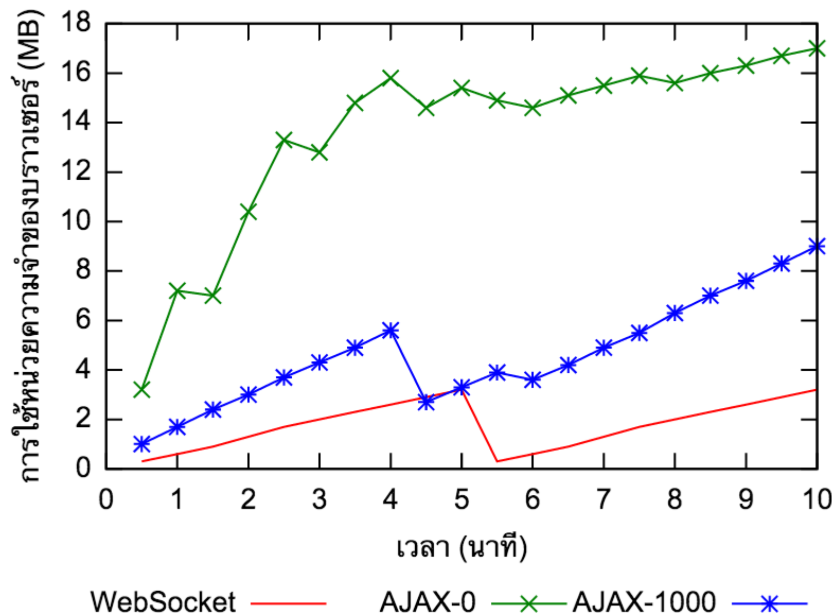
รูปที่ 19แสดงความสำเร็จในการได้รับอีเวนต์ต่อการร้องขออีเวนต์ทั้งหมดผ่านทาง Polling โดยแกน x แสดงช่วงเวลาที่ใช้ในการสร้างอีเวนต์ และแกน y แสดงเปอร์เซนต์ความสำเร็จ ทั้งนี้ พบว่าความสำเร็จฯแปรผันตรงกับระยะเวลาที่ทำการ Polling กล่าวคือ การร้องขออีเวนต์ทุกๆ 1,000 มิลลิวินาที มีความสำเร็จฯสูงสุด เนื่องด้วยทุกการร้องขอมีอีเวนต์ถูกสร้างขึ้นใหม่เสมอ ในขณะที่ การร้องขอทุกๆมิลลิวินาที มีความสำเร็จฯต่ำสุด เนื่องด้วยอีเวนต์ถูกสร้างขึ้นด้วยความถี่ที่ช้ากว่าการร้องขอ



รูปที่ 19กราฟแสดงร้อยละความสำเร็จในการรับอีเวนต์ต่อจำนวนการร้องขอทั้งหมดแบบวิธี Polling

4.4 Web Socket สนับสนุนการใช้ทรัพยากรคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสม

การทดสอบนี้วัดการใช้หน่วยความจำของเว็บเบราว์เซอร์ (รับข้อมูลแบบเรียลไทม์) โดยเทียบการส่งข้อมูลจากเว็บเซิร์ฟเวอร์มายังเว็บเบราว์เซอร์ผ่านทาง WebSocketกับวิธีแบบ Polling ที่มีการร้องขอข้อมูลทุกมิลลิลิวินาที และ 1,000 มิลลิวินาที บนพื้นฐานของอีเวนต์ที่ถูกสร้างขึ้นทุกๆ 100 มิลลิวินาที ตลอดช่วงเวลา 10 นาที



รูปที่ 20กราฟแสดงการใช้หน่วยความจำของเว็บบราวเซอร์ โดยเทียบ WebSocketและวิธีแบบ Polling

รูปที่ 20แสดงปริมาณการใช้หน่วยความจำของเว็บบราวเซอร์ (รับข้อมูลแบบเรียลไทม์) โดยแกน x แสดงเวลาที่ทำการวัดหน่วยความจำตลอดช่วง 10 นาที แกน y แสดงปริมาณการใช้หน่วยความจำ ทั้งนี้ พบว่า การส่งข้อมูลผ่านทาง WebSocketมีการใช้งานหน่วยความจำน้อยกว่าวิธีแบบ Polling ในขณะที่วิธีแบบ Polling จะมีการใช้งานหน่วยความจำแปรผันตามความถี่ในการร้องขออีเวนต์ เนื่องจากในการร้องขออีเวนต์ครั้งหนึ่งๆ เว็บเบราว์เซอร์จะมีการใช้หน่วยความจำ ดังนั้นหากมีการ้องขออีเวนต์บ่อยครั้งจะส่งผลให้เว็บเบราว์เซอร์ใช้หน่วยความจำมากยิ่งขึ้น ในขณะที่ การส่งอีเวนต์ผ่านทาง WebSocketนั้น เว็บบราวเซอร์จะทำการเชื่อมต่อกับเว็บเซิร์ฟเวอร์ และเมื่อใดก็ตามที่เว็บเซิร์ฟเวอร์สร้างอีเวนต์จะทำการส่งอีเวนต์นั้นๆมาให้เว็บบราวเซอร์ที่ช่องทางการเชื่อมต่อนั้นๆจึงทำให้เว็บบราวเซอร์ใช้หน่วยความจำในขณะที่ได้รับอีเวนต์จากเว็บเซิร์ฟเวอร์เท่านั้น

สรุป

บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่นอกเหนือจากเทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อสนับสนุนการพัฒนาระบบติดตามสถานการณ์ภัยพิบัติอย่างต่อเนื่องและใกล้เคียงกับเวลาปัจจุบัน ได้แก่ (1) โพรโทคอลMQTT ซึ่งสนับสนุนการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์กับอุปกรณ์ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลตรวจวัดจากสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ (2) Complex Event Processing ซึ่งสนับสนุนการประมวลผลข้อมูลในหน่วยความจำ เพื่อประมวลผลสถานการณ์ภัยพิบัติอย่างต่อเนื่อง และ (3) Web Socket ซึ่งสนับสนุนให้เว็บเซิร์ฟเวอร์สามารถสื่อสารไปยังเว็บเบราว์เซอร์โดยตรง เพื่อการแสดงผลสถานการณ์ภัยพิบัติอย่างใกล้เคียงกับเวลาปัจจุบันและต่อเนื่องจากการทดสอบพบว่า Complex Event Processing และ Web Socket สนับสนุนการประมวลผลและแสดงผลสถานการณ์ภัยพิบัติอย่างต่อเนื่องและใกล้เคียงกับเวลาปัจจุบันได้อย่างมีประสิทธิภาพดังนี้

1) Complex Event Processing สนับสนุนการประมวลผลสถานการณ์ภัยฯแบบเรียลไทม์ โดยใช้เวลาในการประมวลผลเฉลี่ยเร็วกว่าอัลกอริทึมที่มักพัฒนา 2-3 เท่าในหน่วยมิลลิวินาที
2) Web Socket สนับสนุนการได้รับข้อมูลแบบเรียลไทม์ โดยระยะเวลาที่เว็บเบราว์เซอร์ได้รับอีเวนต์นับจากเวลาที่เครื่องแม่ข่ายสร้างอีเวนต์เฉลี่ย 1.2 - 1.7 มิลลิวินาที เมื่อเทียบกับ Polling ทุกๆวินาที 20-38 มิลลิวินาที
3) Web Socket สนับสนุนการใช้ทรัพยากรคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสม โดยใช้หน่วยความจำประมาณ 0.3 - 3.2 MB เมื่อเทียบกับ Polling ทุกมิลลิวินาที และ 1,000 มิลลิวินาที ซึ่งใช้หน่วยความจำ 3-17 MB และ 1-9 MB ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

พิพัธน์ เรืองแสง. (2555). **ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านอินเทอร์เน็ต (Internet GIS)**, Retrieved December 1,2015, from: http://negistda.kku.ac.th/activity/2012/tn20120423/Lecture02.pdf

Balliauw, M. (2011). **Techniques for real-time client-server communication on the web (SignalR to the rescue)**, Retrieved December 1,2015, from: http://blog.maartenballiauw.be /post/2011/11/29/Techniques-for-real-time-client-server-communication.aspx

Barry, D. K.. (2013). **Web Services, Service-Oriented Architectures, and Cloud Computing, Second Edition: The Savvy Manager's Guide**. Waltham: Morgan Kaufmann.

Beaujardiere, J. d. l. (2006). OpenGIS Web Map Service (WMS) Implementation Specification, Retrieved December 1,2015, from: http://www.opengeospatial.org/standards/wms

Bröring,A.,Stasch, C., and Echterhoff, J. (2012). **OGC® Sensor Observation Service Interface Standard**, Retrieved December 1,2015, from: http://www.opengeospatial.org/standards/sos

Cox, S. (2011), **Observations and Measurements - XML Implementation**, Retrieved December 1,2015, from: http://www.opengeospatial.org/standards/om

Echterhoff, J. (2011). **OpenGIS® SWE Service Model Implementation Standard**, Retrieved December 1,2015, from: http://www.opengeospatial.org/ogc/markets-technologies/swe

Echterhoff, J. (2011), **OGC® SensorML: Model and XML Encoding Standard**, Retrieved December 1,2015, from: http://www.opengeospatial.org/standards/sensorml

Erl, T. (2005), **Service-Oriented Architecture (SOA): Concepts, Technology, and Design**. New Jersey: Prentice Hall

Espertech. (2015). **Esper: Event Processing for Java**, December 1,2015, from: http://esper. codehaus.org/esper/documentation/documentation.html

Hohpe, G. and Woolf, B. (2004).Enterprise Integration Patterns: Designing, Building, and Deploying Messaging Solutions. Boston: Addison-Wesley

Howell, B. (2014). **Publish/Subscribe using Scala and AkkaEventBus**, Retrieved December 1,2015, from: www.benhowell.net/examples/2014/04/23/scala_and_the_akka_event_bus/

Leon, J. C. V. d., Bogardi, J., Dannemann, S. and Basher, R. (2006). **Early Warning Systems in the Context of Disaster Risk Management**, Retrieved December 1,2015, from: http://www.unisdr.org/2006/ppew/info-resources/docs/ELR_dt_23-25.pdf

Luckham, D. (2002).**The Power of Events: An Introduction to Complex Event Processing in Distributed Enterprise Systems.** Boston: Addison-Wesley

Microsoft. (2015). **StreamInsight Server Architecture**, Retrieved December 1,2015, from: https://technet.microsoft.com/en-us/library/ee391536

MQTT. (2015). **MQTT Documentation**, Retrieved December 1,2015, from: http://mqtt.org/documentation

Nebert, D., Whiteside, A., and Vretanos, P. (2007). **OpenGIS® Catalogue Services Specification**, Retrieved December 1,2015, from: http://www.opengeospatial.org/standards/cat

Oracle. (2015). **Introduction to Oracle Stream Explorer: Fast Data and Event Processing without Software Coding**, Retrieved December 1,2015, from: http://www.oracle.com/technetwork/ middleware/complex-event-processing/overview/introsxwp-otn-2470237.pdf

RabbitMQ. (2015). **RabbitMQ Tutorial**, Retrieved December 1,2015, from: https:// www.rabbitmq.com/getstarted.html

Vretanos, P. A. (2007).**OpenGIS Web Feature Service 2.0 Interface Standard – WithCorrigendum**,Retrieved December 1,2015, from:http://www.opengeospatial.org/standards/wfs

Wang,V., Salim, F., and Moskovits, P.(2013). **The Definitive Guide to HTML5 WebSocket**.New York: Apress.

ผลของโพลีโคซานอลและซีโอไลต์จากขี้เถ้าผงสุราต่อสมบัติทางกายภาพของไตรโบโลยีพอลิเมอร์คอมโพสิท

Effect of Polycasonal and Zeolite extracted from Liquor Precipated ash on physical Properties of Tribology Polymer Composite

ปิ่นกมล เรืองเดช

Pinkamol Reangdet

โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี

427 หมู่ 8 ถนนบ้านหุบกะพง ตำบลเขาใหญ่ อำเภอชะอำ เพชรบุรี 76120

โทรศัพท์ 032-470-294 โทรสาร 032-470-293

e-mail: richy_krab@hotmail.com

1. บทคัดย่อ

การพัฒนาคุณสมบัติของวัสดุเชิงก้าวหน้า (Advanced Material) คือ จะต้องเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา มีความแข็งแรงทนทาน ทนต่อความร้อนในระดับสูงมาก มีความเหนียวยืดหยุ่น ทนต่อการกัดกร่อนและการเสียดสี เป็นวัสดุฉลาดที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่ รุนแรงได้ ไม่ก่อมลพิษ และสามารถทดแทนวัสดุดั้งเดิมที่ก่อให้เกิดโทษต่อสิ่งแวดล้อม วัสดุผสมขั้นสูงนิยมนำมาใช้งานด้านโครงสร้างน้ำหนักเบาแต่เน้นงานโครงสร้างด้านอวกาศ เช่น - 14 - ยานอวกาศ และส่วนประกอบของยานอวกาศ เนื่องจากมีความสามารถในการทนต่อความร้อนในระดับสูงมาก แต่ เนื่องจากมีต้นทุนในการผลิตสูงจึงทำให้ไม่เป็นที่นิยมในอุตสาหกรรมด้านอื่นๆ อีกทั้งยังถูกออกซิไดซ์ (Oxidize) ได้ โดยก๊าซออกซิเจนอีกด้วย วัสดุผสมที่เหมาะสมสำหรับที่อุณหภูมิสูงกว่า 250 องศาเซลเซียสได้ ที่ใช้ในปัจจุบันคือ Poly(p-phenylene-2,6-benzobisoxazole) หรือ PBO เป็นสารโพลิเมอร์ที่สามารถทนต่ออุณหภูมิสูงได้ไม่ดูดซับความชื้นและทนต่อตัวทำละลาย และยืดหยุ่นได้ดี จึงจัด อยู่ในประเภทสารโพลิเมอร์ขั้นสูง เนื่องจากพันธะภายในโมเลกุล PBO มีความแข็งแรงสูง ทำให้ PBO สามารถคงสภาพอยู่ได้ภายใต้ความร้อนสูงสุดถึง 600 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ PBO ยังทนต่อแรง ดึงสูง จึงเหมาะในการนำไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมประเภทยานอวกาศและอิเล็กทรอนิกส์ และเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติเหนือกว่าวัสดุ แต่ยังไม่มีการพัฒนามากนัก วัสดุผสมสำหรับนำมาใช้งานในด้านโครงสร้างยานอวกาศจะต้องมีน้ำหนักเบาน้ำหนักเบา ซึ่งยังมีข้อจำกัดในด้าน ต้นทุนการผลิตที่สูงมากและมีการกัดกร่อนแบบแกลวานิกอยู่ (Galvanic Corrosion) โพลีโคซานอลและสารตัวเติมเสริมเสถียรภาพทางความร้อนที่พบในขี้เถ้าผง(Precipated ash)ที่เป็นของเสียจากการผลิตสุราที่มีความยาวคาร์บอน 20-36 อะตอม โดยโพลีโคซานอลสามารถนำมาสกัดไขหยาบ (crude wax) จากขี้เถ้าผงที่แห้ง แล้วนำมาสกัดไขมัน (fatty material) ออกจากไขหยาบที่เหลือเป็นไขบริสุทธิ์ ไขที่ได้จากขี้เถ้าผงมีคุณภาพทัดเทียมกับสารเพิ่มความยืดหยุ่นในวัสดุพลาสติกผสมที่ใช้ในปัจจุบันได้และจากการศึกษาการใช้ขี้เถ้าผงสุราเป็นสารตัวเติมเสริมเสถียรภาพทางความร้อนในวัสดุพลาสติกผสมขั้นสูง(Plastic Composite) สำหรับยานอวกาศได้ที่สามารถทนความร้อนได้ถึง600 องศาเซลเซียส จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของขี้เถ้าผงสุรา พบว่าการสังเคราะห์ซีโอไลต์จากขี้เถ้าผงสุราด้วยสารละลายด่าง โดยทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ซีโอไลต์จากขี้เถ้าผง ได้แก่ อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 80 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของสารละลาย Spent alkaline 3.0 โมลาร์และ2.5 โมลาร์ตามลำดับ และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 4 วัน ซึ่งจะให้ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคลเซียมไอออนเท่ากับ 473.74 cmol/kg และ 286.68 cmol/kg

คำสำคัญ ขี้เถ้าผงสุรา, โพลีโคซานอล, ซีโอไลต์

ABSTRACT

The development of the advanced material properties is a lightweight material, Durable, resistant to high level heat, flexibility, toughness Resistant to corrosion and abrasion. The smart materials that can adapt to extreme environments are non-polluting and can

replace traditional materials that cause harm environmental. Advanced composite materials commonly used in lightweight construction but focus on aerospace structures, such as - 14 - spacecraft and other spacecraft components. Due to its ability to high level heat resistance property, but due to high production costs, making it unpopular in many spacecraft component and other industries. It is oxidized (Oxidize) by oxygen as well. The current common Composite material suitable for temperatures above 250 degrees Celsius is Poly (p-phenylene-2,6-benzobisoxazole) or PBO material is a polymer that can be use at high level heat resistance and very high temperatures do not absorb moisture and is resistant to solvents but still flexible, so it is classified as an advanced polymer. The bonds within the molecules with high strength makes PBO can be maintained under heat up to 600 degrees C. In addition PBO has high tensile strength makes it ideal in applications with space and electronics industries. The need of a new material with superior material properties for aerospace composite lightweight materials for aerospace structures, which is still limited in the field. Production costs are very high and has the high effect of corrosive and Galvanic Corrosion. Polycasonal as the filler of the thermal stability found in the liquor Precipated ash which is a waste product from the manufacture of liquor has 20-36 carbon atoms and can be used to extract crude waxes from a dry powder ashes. The obtained pure wax extracted from the fatty materials has the flexible polymer additive as the quality protection and flexibility in The bonds within the molecules with high strength makes PBO. The filler added thermal stability in the advance composite plastic materials for a spacecraft at the heat up to 600 degrees Celsius, the chemical composition and physical characteristics of the preciapted ash by the synthesis of zeolites with alkaline ash. The study optimal conditions for the synthesis of zeolite powder and ashes from the reaction temperature to 80 degrees Celsius concentration Spent alkaline 3.0 M and 2.5 M, respectively. The 4 days duration of the reaction which will provide the ability to exchange calcium ions at 473.74 cmol / kg and 286.68 cmol / kg.

Keywords Participated ash, Polycosanal, Zeolites

2. วัตถุประสงค์

ศึกษาการใช้ขี้เถ้าผงสุราเป็นสารตัวเติมเสริมเสถียรภาพทางความร้อนในวัสดุพลาสติกผสมขั้นสูง(Plastic Composite)สำหรับยานอวกาศได้ที่สามารถทนความร้อนได้สูงขึ้นและศึกษาวิธีการการสังเคราะห์ซีโอไลต์จากขี้เถ้าผงสุราด้วยสารละลายด่าง โดยทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ซีโอไลต์จากขี้เถ้าผงที่ อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาต่างกัน ความเข้มข้นของสารละลาย Spent alkalineต่างกัน และหาระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่ดีที่สุด ซึ่งจะให้ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคลเซียมไอออนเหมาะสมที่สุด

3. วิธีการวิจัย

การศึกษานั้นใช้ขี้เถ้าผง (Precipated ash) ที่เป็นของเสียจากการผลิตสุราจากโรงงานสุราบางยี่ขัน โดยโพลีโคซานอลสามารถนำมาสกัดไขหยาบ (crude wax) จากขี้เถ้าผงที่แห้ง แล้วนำมาสกัดไขมัน (fatty material) ออกจากไขหยาบที่เหลือเป็นไขบริสุทธิ์ ไขที่ได้จากขี้เถ้าผงมีคุณภาพทัดเทียมกับสารเพิ่มความยืดหยุ่นในวัสดุพลาสติกผสมที่ใช้ในปัจจุบันได้และ

จาก การศึกษาการใช้ขี้เถ้าผงสุราเป็นสารตัวเติมเสริมเสถียรภาพทางความร้อนในวัสดุพลาสติกผสมขั้นสูง(Plastic Composite)สำหรับยานอวกาศได้ที่สามารถทนความร้อนได้ถึง600 องศาเซลเซียส โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของขี้เถ้าผงสุราและการสังเคราะห์ซีโอไลต์จากขี้เถ้าผงสุราด้วยสารละลายด่าง โดยทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ซีโอไลต์จากขี้เถ้าผงที่ อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาต่างกัน ความเข้มข้นของสารละลาย Spent alkalineต่างกัน และหาระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่ดีที่สุด ซึ่งจะให้ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคลเซียมไอออนเหมาะสมที่สุด เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบในแต่ละวิธีการ

4. ผลการวิจัย

Effect of Polycasonal and Zeolite extracted from Liquor Precipated ash on physical Properties of Tribology Polymer Composite

Zeolite synthesis An initial study using Liquor Precipated ash focused on synthesizing zeolites/zeolitic materials by hydrothermal activation heating. Samples of Liquor Precipated ash were collected by electrostatic precipitation during the combustion of Sura Bangyikhan Co., Ltd. plant: Each sample was sieved through a 100 mesh Tyler screen and calcined at 75OoC in air before being analyzed by atomic absorption spectroscopy. Si02 and A1203 were the major components and are the most important reagents for zeolite synthesis. Other crystalline phases identified included mullite (A16Siz&), quartz (SiOz), hematite (FezO,), and lime (CaO). Each Liquor Precipated ash was activated by NaOH and KOH solutions in a closed system. The activations were conducted using a number of Parr digestion bombs equipped with Teflon reactors. The result shows the zeolite synthesis route investigated. Typically, 10.0 g of Liquor Precipated ash was combined with 12.0 g of alkali hydroxide and placed into acovered platinum crucible and slowly heated to 55OoC . After one hour, the resultant fused Liquor Precipated ash! NaOH mixture was then cooled to ambient temperature and re-ground. About 6 g of fused fly ash/NaOH powder was added to 30 mL of deionized water in a closed Teflon reactor and agitated for 24 hours at room temperature. After aging the solution, the Teflon reactor was then sealed and heated to 100°C without stirring for 48 hrs. The precipitates were filtered, washed repeatedly with deionized water, and dried overnight at 105 "C. The synthesis of zeolite powder and ashes from the reaction temperature to 80 degrees Celsius concentration Spent alkaline 3.0 M and 2.5 M, respectively. The 4 days duration of the reaction which will provide the ability to exchange calcium ions at 473.74 cmol / kg and 286.68 cmol / kg.

EFFECT OF COMPOSITION ON TRIBOLOGICAL PROPERTIES

Increasing interest in the properties of high temperature resistant polymers and their applications in the industry, as an efficient replacement for metals and other materials, is based on our ability to create and change their structures over a wide range. This enables property improvement - including modification of tribological properties. The main problem of wider use of the composite is their strong behavioral dependence on temperature that is reflected in their mechanical properties, as well as their low thermal conductivity, tendency to creep and its sensitivity to environmental effects. Tribological properties of the high temperature resistant polymers depend on their composition, but also depend on the thermal history such as different temperatures of solidification. All these affect the surfaces and thereby tribological properties. Further progress in determination and improvements the tribological properties of polymers i.e.

their composites and blends is possible by finding links between the friction factors and the mechanisms, but also by modification of surface structures at micro- and nano-levels. New possibilities of application of the composite depend on the results of further investigation of their mechanical and tribological behavior – given new challenges in science and technology. Characteristics and properties of polymers such as viscoelastic behavior, brittleness, free volume and changes in the structure formed by addition of components or various modifications during processing are important in establishing functional connections with the tribological behavior of the plastic composite. Tribological behavior of polymers can be also investigated by computer simulation of structure and its changes, as well as the effects of structure on the tribological properties as a confirmation and/or as the replacement for the experiments. Surface tension and tribological properties (friction, scratchability and wear) are surface phenomena and their relationships are useful for optimizing desired properties. We have discussed above connections of surface tension (believed to be the domain of physical chemists rather than engineers) to tribological properties. We believe that examples discussed in this article demonstrate the need for sufficient inclusion of polymer tribology into university instruction – as well as for more research in this area.

5. CONCLUSIONS

Products derived from Liquor Precipated ash were explored for their potential applications as molecular sieves, catalytic applications, and catalyst supports. The Liquor Precipated ash derived zeolite with up to 75% conversion was prepared by the developed zeolite synthesis technique. X-ray diffraction analyses from the prepared zeolite are in accord with that of the natural zeolite-P. The Liquor Precipated ash derived carbon demonstrated good activities for the chemical composition and physical characteristics of the preciapted ash by the synthesis of zeolites with alkaline ash. The study optimal conditions for the synthesis of zeolite powder and ashes from the reaction temperature to 80 degrees Celsius concentration Spent alkaline 3.0 M and 2.5 M, respectively. The 4 days duration of the reaction which will provide the ability to exchange calcium ions at 473.74 cmol / kg and 286.68 cmol / kg.

6. ข้อเสนอแนะ

1. ขี้เถ้าผง (Precipated ash) เป็นของแข็งเม็ดกลมมีความละเอียดที่ได้จากการเผานี้ส่วนใหญ่ เป็นออกไซด์ของซิลิกาและอลูมินา ลักษณะและสมบัติของขี้เถ้าผง มีขนาดตั้งแต่0.001 – 1.0 mm โดยทั่วไปรูปร่างของขี้เถ้าผงจะมีลักษณะค่อนข้างกลม หรือเกือบกลมบางครั้งอาจมีรูพรุนหรืออาจมีรูปไม่แน่นอน อนุภาคของขี้เถ้าผงอาจเป็นทรงกลมใหญ่บ้างเล็กบ้างและมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่1 μm จนถึง 150 μm ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่เผา, ความละเอียดหรือพื้นที่ผิวจำเพาะของขี้เถ้าผงจะบ่งบอกถึงว่องไวการทำปฏิกิริยาของสารเสริมทนความร้อน ซึ่งเป็นต้นทุนสำคัญในการนำขี้เถ้าผงมาใช้ประโยชน์ ผมต้องได้ตัวอย่างต่างๆกัน หลายๆขนาดอนุภาคของขี้เถ้าผง

การทดสอบตัวอย่างที่ต้องการ ความละเอียดของขี้เถ้าผงสามารถทำได้ตามมาตรฐาน ASTM C430 โดยกำหนดให้ปริมาณของขี้เถ้าผง ที่ค้างตระแกรงเบอร์325โดยวิธีร่อนแบบเปียกเนื่องจากขี้เถ้าผงที่มีอนุภาคหยาบจะมีพื้นที่ผิวจำเพาะน้อย ทำปฏิกิริยาได้ช้ากว่าอนุภาคที่ละเอียดกว่า คือส่วนที่ผ่านตะแกรงแล้วจะทำปฏิกิริยาได้มีประสิทธิภาพดีกว่า นอกจากนี้ยังจะบอกขนาดอนุภาคจากการวัดพื้นที่ผิวจำเพาะโดยวิธีของเบลน Blaine specific surface-area technique ตามมาตรฐาน ASTM C204 จะบอกถึงความต้องการน้ำ (Water Requirement) ความต้องการน้ำของขี้เถ้าผงช่วยเพิ่มความสามารถในการความอยู่ตัว (Soundness) การหดตัว(ASTM C490)ของวัสดุทดแทนไม้ ด้วยอุปกรณ์Autoclave ภายใต้แรงดันไอน้ำ 2 ± 0.07 Mpa ตามมาตรฐาน ASTM C151 โดยที่การยืดหดตัวของวัสดุทดแทนไม้ต้องไม่ เปลี่ยนแปลงเกินร้อยละ0.8

คุณสมบัติทางเคมีของขี้เถ้าผง ส่วนประกอบทางเคมีของขี้เถ้าผง ประกอบด้วยแร่ธาตุต่างๆ ได้แก่ ซิลิกาออกไซค์(SiO2), อะลูมินาออกไซค์(Al2O3), เหล็กออกไซค์(Fe2O3), แคลเซียมออกไซค์(CaO), แมกนีเซียมออกไซค์ (MgO) และซัลเฟอร์ไตรออกไซค์(SO3) เบื้องต้นจะบอกได้จากสีของขี้เถ้าผง ผมต้องการตัวอย่างขี้เถ้าผงที่มีสีต่างกัน โดยส่วนประกอบทางเคมีเหล่านี้จะมีค่าต่างกันในเชิงปริมาณ ตามแหล่งผลิตหรือเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา โดยการแยกประเภทของเถ้าลอยดังมาตรฐานASTM C 618 เป็น class F และclass C ส่วนประกอบทางแร่วิทยาของขี้เถ้าผงขณะที่มีการเผาและมีการเย็นตัวลงของขี้เถ้าผง หลังจากการเผาทำให้องค์ประกอบทางแร่วิทยาของขี้เถ้าผงด้านการเกิดผลึก(Crystalline)แตกต่างกัน และจะมีความเป็น Noncrystslline (glass) ต่างกัน และมีองค์ประกอบของ Crystalline จำพวกQuarts Anhydrite Calcite Hematite Mullite ต่างกันด้วย

ขี้เถ้าผงเมื่อออกจากสายการผลิตใหม่ๆ ไม่มีกลิ่น มีความละเอียดของอนุภาคสูงมาก มีลักษณะค่อนข้างกลม บ่งบอกถึงว่องไวการทำปฏิกิริยาของสารเสริมทนความร้อน และเมื่อสัมผัสด้วยมือพบว่า ลื่นและมีความมันวาว คล้ายไขผึ้งที่ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางค์

ข้อเสนอแนะ

ขี้เถ้าผง เมื่อทิ้งไว้ประมาณ 6 ชั่วโมง คุณสมบัติทางกายภาพจะเปลี่ยนไป ขนาดอนุภาคมีขนาดใหญ่ขึ้น ความมันวาว ลื่นหายไป มีกลิ่น โดยเฉพาะเมื่อสัมผัสกับความชื้นในอากาศ มีกลิ่นแรงขึ้นและอาจส่งผลกระทบกับชุมชนรอบข้างได้ โดยเฉพาะขี้เถ้าผงที่เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบรูณ์ (ขี้เถ้าผงที่มีสีดำ ที่ผู้รับซื้อส่วนใหญ่ไม่ต้องการ ไม่มีมูลค่าทางการตลาด)

2.ขี้เถ้าผงที่ถูกเผาไหม้อย่างสมบรูณ์จะมีสีขาว นวล อนุภาคละเอียด ลื่น มันวาว และสีของขี้เถ้าผงจะมีสีขาวลดลง คุณสมบัติทางกายภาพลดลง ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของการเผา ชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ ปริมาณของน้ำมันเตาที่ใช้ ซึ่งถ้าต้องการให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบรูณ์อาจจำเป็นต้องใช้น้ำมันเตาถึง 6000ลิตรต่อวัน ในสภาวะน้ำมันมีราคาลดลงเช่นปัจจุบัน ลิตรละ 11 บาทอาจไม่ส่งผลกระทบมากนัก แต่ในภาวะที่น้ำมันมีราคาสูง ราคาขายของขี้เถ้าผงที่ต่ำ(4 บาทต่อกิโล) อาจส่งผลต่อบริษัทได้ สีของขี้เถ้าผงที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ดีที่สุดและที่ผู้รับซื้อต้องการมากที่สุดคือสีขาว แต่ด้วยวิธีปัจจุบัน และราคาที่ขายให้ผู้รับซื้อได้ในปัจจุบัน ไม่สมควรดำเนินการอย่างยิ่ง แต่การนำขี้เถ้าผงมาผลิต สารเสริมทนความร้อน(กิโลกรัมละ 80บาท ต้นทุนการผลิต 20 บาทต่อกิโลกรัม) และไขผึ้งออร์แกนนิคสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง(กิโลกรัมละ 380บาท ต้นทุนการผลิต 30 บาทต่อกิโลกรัม) ผลกำไรที่ได้สามารถใช้กระบวนการเผาที่ให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบรูณ์ได้ ถึงแม้ไม่ดำเนินการในส่วนนี้ ขี้เถ้าผงที่มีสีดำก็สามารถนำไปผลิตไขผึ้งที่มีสีดำได้ซึ่งในปัจจุบันเครื่องสำอางที่มีสีดำหรือสีเข้มกำลังได้รับการตอบรับที่ดีและความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

REFERENCES

[1] Soong, Y., Schoffstall, M. R., Irdi, G. A,, and Link, T. A,, Proceedings of the 1999 Int. Ash Utilization symposium, pp 548-553, Oct. 18-20, 1999, Lexington, KY.

[2] Gray, M. L., Champagne, K. J., Soong, Y., and Finseth, D. H., Proceedings of the 1999 Int. Ash Utilization symposium, pp 603-608, Oct. 18-20, 1999, Lexington, KY.

[3] G. Steenburggen and G. G. Hollman, J. of Geochemical Exploration, 62,305-309 (1998)

[4] F. Rodriguez-Reinoso., Carbon Vol. 36, No. 3, 159-175 (1998)

[5] M. Farcasiu, S. C. Petrosius, and E. P. Ladner , J of Catalysis 146, 313-316 (1994)

6. Chuang, S. S. C., Brundage, M. A., Balakos, M. W., and Srinivas, G., Applied Spectroscopy, vol. 49, 1152-1163 (1995)

การวัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนกลับจากเป้าหมายเฉพาะภายใต้สภาพแวดล้อมของระบบ SAR แบบภาคพื้น

The Measurements of Backscattered Electromagnetic Waves from Canonical Targets under GB-SAR Environment

นราเทพ พฤกษหิรัญ
Narathep Phruksahiran
กองวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า
narathepp@gmail.com

บทคัดย่อ

ระบบSAR (Synthetic Aperture Radar) เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีระบบเรดาร์ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างแพร่หลาย องค์ประกอบสำคัญที่ทำให้สามารถใช้สภาพแวดล้อมของระบบSAR มาทำการประมวลผลและสร้างเป็นรูปภาพได้คือคุณสมบัติในการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของพื้นผิวโลกที่ทำการสำรวจรวมถึงเป้าหมายเฉพาะแบบต่างๆ ด้วย ซึ่งจะสามารถแสดงออกมาในรูปของค่า RCS (Radar Cross Section) ในบทความนี้ได้ทำการจำลองสภาพแวดล้อมของระบบ SAR แบบภาคพื้น ที่มีลักษณะของการเคลื่อนที่ไปในแนวตั้งฉากกับทิศทางการแพร่กระจายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อทำการวัดค่าการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนกลับมาจากเป้าหมายเฉพาะคือ แผ่นเหล็กเรียบ, แผ่นเหล็กเข้ามุมฉากสองด้าน และแผ่นเหล็กเข้ามุมฉากสามด้าน โดยใช้โพลาไรเซชันแบบ HHและ VVแล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งทำการประมวลผลโดยใช้หลักการของ Physical Optics (PO) เพื่อนำไปประยุกต์พัฒนาแบบจำลองที่เหมาะสมต่อไป โดยผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เป้าหมายเฉพาะแต่ละแบบจะมีคุณสมบัติในการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าภายใต้สภาพแวดล้อมของระบบเรดาร์ SAR แบบภาคพื้นที่แตกต่างกัน และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์แล้ว จะพบคุณลักษณะเด่นของเป้าเฉพาะแต่ละชนิด ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการวิจัยเพื่อปรับปรุงการประมวลผลค่า RCS ด้วยคอมพิวเตอร์ให้มีความถูกต้องมากขึ้นเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการวัดต่อไป

คำสำคัญ: Synthetic Aperture Radar (SAR), Radar Cross Section (RCS)

ABSTRACT

Synthetic Aperture Radar (SAR) is one of the radar technique that can be applied widely.The key element that can be used in SAR signal processing and create an image isthe ability to reflect electromagnetic of the Earth's surface, including the canonical targets, that can be measured as the radar cross section (RCS). In this paper, the Ground-Based SAR (GB-SAR) environment has been developed to measure the reflection of electromagnetic waves from flat plate, dihedral and trihedral corner reflectors in HH and VV polarization.The results will be compared with the value obtained from the simulation by using computer programs, to apply the simulation model using Physical Optics (PO) approximation.The results show that each canonical target has the difference backscattered characteristics under SAR system environment. And this can be used as basis for further research.

KEY WORDS: Synthetic Aperture Radar (SAR), Radar Cross Section (RCS)

1.บทนำ

ระบบ SAR (Synthetic Aperture Radar) ซึ่งได้อธิบายไว้โดย J.C. Curlander and R.N. McDonough. (1991) และ H. Klasing and W. Holpp. (2000)ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและมีการนำไปใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย โดยคุณลักษณะที่โดดเด่นของระบบ SAR คือการใช้การเคลื่อนที่ของแพลตฟอร์ม (platform) และการประมวลผลสัญญาณแบบดิจิตอล (digital signal processing) ดังนั้นแนวทางในการพัฒนาระบบ SAR จึงประกอบไปด้วยการออกแบบระบบให้มีความสัมพันธ์กันทั้งระบบฮาร์ดแวร์ (hardware) และซอฟต์แวร์ (software) เพื่อนำไปสู่การประยุกต์ใช้ในรูปแบบต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพอาทิเช่น การจำแนกชนิดของพื้นผิว (target decomposition) โดยแพลตฟอร์มที่ใช้ในระบบ SAR อาจจะเป็นดาวเทียมหรือเครื่องบิน และในปัจจุบันได้มีการศึกษาและพัฒนาระบบ SAR ที่ติดตั้งบนภาคพื้น (Ground-Based Synthetic Aperture Radar: GB-SAR) ซึ่งจะประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลัก 2 อย่างคือ การสร้างลักษณะการเคลื่อนที่ในแนวทางตั้งฉากกับทิศทางการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ และระบบการรับส่งคลื่นวิทยุเพื่อนำเอาสัญญาณที่รับได้ไปประมวลผล ซึ่งสิ่งที่สำคัญที่ใช้ในการประมวลผลให้เกิดเป็นข้อมูลรูปภาพได้นั่นก็คือ คุณสมบัติการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากลับมายังระบบ SAR จากพื้นผิวโลก, วัตถุต่างๆ รวมไปถึงพื้นที่เฉพาะที่ต้องการทำการสำรวจหรือใช้ในการทดลอง ซึ่งคุณสมบัติของการสะท้อนในรูปของค่า RCS นั้นเป็นคุณสมบัติเฉพาะของวัตถุแต่ละชนิด โดยจะขึ้นอยู่กับรูปทรงทางเรขาคณิต, ความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า, มุมตกกระทบและมุมสะท้อน รวมไปถึงโพลาไรเซชันของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าด้วย การหาขนาดค่า RCS สามารถทำได้โดยการวัดค่าจริงและการใช้การประมวลผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

2.วัตถุประสงค์

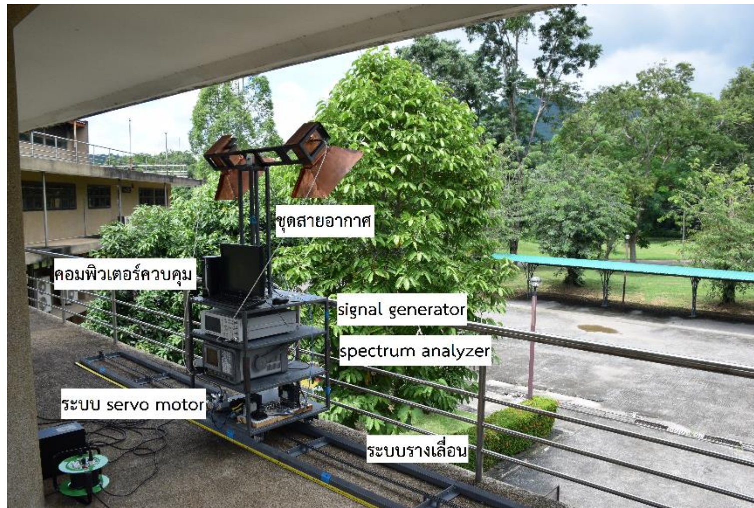
1. ศึกษาและออกแบบสร้างอุปกรณ์ต้นแบบที่ทำหน้าที่เป็นแพลตฟอร์ม จำลองการเคลื่อนที่ในแนวอซิมูท(azimuth direction) สำหรับการพัฒนาสร้างเป็นระบบGB-SAR ในการวิจัยขั้นต่อไป

2. ศึกษาและสร้างแบบจำลองการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของเป้าเฉพาะ (แผ่นเหล็กเรียบ, แผ่นเหล็กเข้ามุมฉากสองด้าน และแผ่นเหล็กเข้ามุมฉากสามด้าน) เพื่อใช้ในการวัด และทำการพัฒนาแบบจำลองโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อคำนวณค่าการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยใน R.B. Dybdal. (1987) และ C. Uluisik, G. Cakir, M. Cakir and L. Sevgi. (2008) ได้นำเสนอวิธีการวัดและการประมวลผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับเป้าเฉพาะแบบต่างๆ และในการทดลองนี้จะใช้กรรมวิธี PO พื้นฐานที่ไม่รวมการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบริเวณขอบของเป้าเฉพาะ

3. ทำการวัดค่าการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความถี่ 1.3 GHz เพื่อนำเอาค่าที่ได้จากการวัดมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการจำลองผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อนำไปเป็นพื้นฐานพัฒนาระบบ GB-SAR, ระบบการรับ-ส่ง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการบันทึกผลเพื่อประมวลผลต่อไป

3.วิธีการวิจัย

1. การออกแบบระบบรางเลื่อนและระบบควบคุมการเคลื่อนที่เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เป็นลักษณะของระบบ GB-SAR ที่จำเป็นจะต้องมีการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์เครื่องมือวัดในขณะที่เป้าหรือวัตถุที่ต้องการวัดค่าจะอยู่กับที่บนภูมิประเทศที่มีลักษณะต่ำกว่าตำแหน่งของชุดสายอากาศภาครับและภาคส่ง โดยระบบรางเลื่อนได้ถูกออกแบบให้สามารถรองรับอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า(signal generator), อุปกรณ์ที่ใช้ในการรับสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนกลับมาคือ spectrum analyzer และอุปกรณ์โครงสร้างสำหรับการจัดยึดสายอากาศ โดยสายอากาศที่ใช้จะเป็นลักษณะแบบ horn ซึ่งได้รับการออกแบบตามที่แสดงไว้ใน C.A. Balanis. (2008) ให้มีขนาดที่เหมาะสมกับความถี่ที่ต้องการใช้งาน โดยระบบรางเลื่อนจะมีความยาวรวม 5 เมตร สามารถถอดประกอบแยกเป็นชิ้นส่วนได้เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่คือมอเตอร์ไฟฟ้า (servo motor) ซึ่งสามารถปรับระยะทางการเคลื่อนที่ในแต่ละช่วงการวัด และความเร็วในการเคลื่อนที่ผ่านทางบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ได้ดังแสดงในรูปที่ 1อุปกรณ์ทั้งหมดจะถูกควบคุมผ่านทางเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อให้มีความสอดคล้องกันในการทำงานและสามารถบันทึกค่าการวัดได้อย่างถูกต้อง



รูปที่ 1 ภาพแสดงระบบการทำงานและอุปกรณ์ส่วนประกอบ

2. การสร้างแบบจำลองการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของเป้าเฉพาะ โดยใช้กรรมวิธี PO พื้นฐาน โดยเมื่อคลื่นระนาบ (plane wave) ตกกระทบลงบนพื้นผิวของโลหะ สนามแม่เหล็ก ($\vec{H}$) ที่ตกกระทบจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า ($\vec{J}$)ขึ้นบนพื้นผิวของโลหะตามสมการ

$$\vec{J} = 2\hat{n} \times \vec{H} \quad (1)$$

เมื่อ $\hat{n}$คือเวกเตอร์ที่ตั้งฉากกับแนวระนาบของพื้นผิว และเมื่อนำมาประยุกต์กับหลักการของเวกตอร์โพเทนเชียล$\vec{A}$ จะสามารถหาค่าความเข้มสนามไฟฟ้า $\vec{E}_s$ณ จุดที่ทำการวัดค่า ได้จากสมการ

$$\vec{E}_s = -j\omega\vec{A} \quad (2)$$

เมื่อ ωคือความถี่เชิงมุม ในระบบพิกัดทรงกลม จะสามารถแยกส่วนประกอบของความเข้มสนามไฟฟ้าออกได้เป็นสามส่วนคือ E_r^s, E_θ^sและ $E_\emptyset^s$ซึ่งสามารถนำไปคำนวณหาค่า RCS ที่เกิดจากสนามไฟฟ้าตกกระทบ $\vec{E}_i$ ได้จากสมการ

$$\sigma = \lim_{r\to\infty} 4\pi r^2 \frac{|\vec{E}_s|^2}{|\vec{E}_i|^2} \quad (3)$$

เมื่อ rคือระยะห่างระหว่างวัตถุกับสายอากาศของระบบเรดาร์

3. การวัดค่าของกำลังของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนกลับมายังสายอากาศภาครับแล้วทำการประมวลผลด้วยสมการเรดาร์ในสภาพที่ไม่มีการสูญเสียใดๆ ตามสมการ

$$P_r = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 r^4} \quad (4)$$

เมื่อ P_rคือค่าของกำลังของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนกลับมายังสายอากาศ, P_tคือกำลังของเครื่องส่ง, G_tคืออัตราการขยายของสายอากาศภาคส่ง,G_rคืออัตราการขยายของสายอากาศภาครับ และ λคือความยามคลื่นของสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้งาน ในการออกแบบระบบจะสามารถกำหนดตัวแปรต่างๆ ในสมการที่ (4) ได้ และเมื่อทำการวัดค่ากำลังของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนกลับมาแล้วก็จะทำให้สามารถหาค่าของ RCS ได้



รูปที่ 2 ภาพแสดงสถานที่ทำการทดลองและเป้าเฉพาะทั้งสามแบบ

ในการทดลองนี้ได้กำหนดขนาดของตัวแปรต่างๆ ให้มีความสอดคล้องกับคุณสมบัติของเครื่องมือวัดและเครื่องกำเนิดสัญญาณที่มีอยู่ รวมถึงลักษณะทางกายภาพของสภาพแวดล้อมที่ได้ทำการทดลองด้วย โดยในการทดลองนี้ได้ใช้สถานที่บริเวณกองวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ที่มีลักษณะเปิดโล่งไม่มีสิ่งกีดขวางในแนวการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของสายอากาศ ประกอบกับสามารถติดตั้งระบบรางให้มีการเคลื่อนไหวในแนวทิศทางขวางเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมในการวัดให้เป็นแบบระบบ SAR แบบภาคพื้นด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยขนาดของตัวแปรต่างๆ จะแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

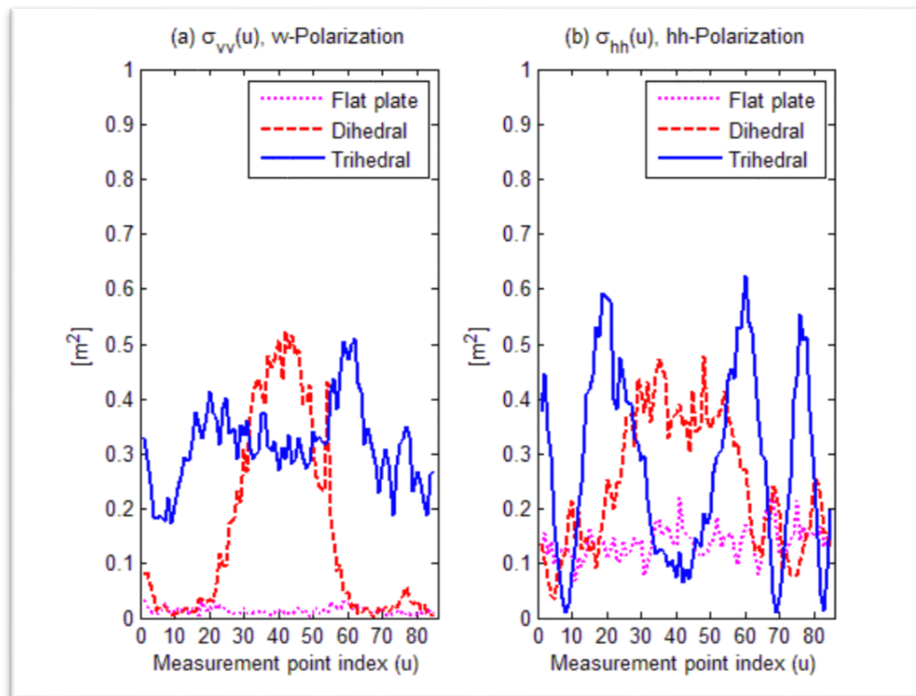
ตัวแปร	ขนาด	หมายเหตุ
ความถี่	1.3 GHz	
ความยาวของระบบรางในการวัด	4.20 m	
ระยะห่างของจุดวัด	5 cm	
อัตราการขยายของสายอากาศ	12 dBi	
จำนวนจุดที่ทำการวัด	85	
กำลังภาคส่ง	10 dBm	
ความสูงของสายอากาศ	7 m	
มุมตกกระทบ ณ จุดกึ่งกลาง	50 องศา	
โพลาไรเซชัน	HH, VV	

4.ผลการวิจัย

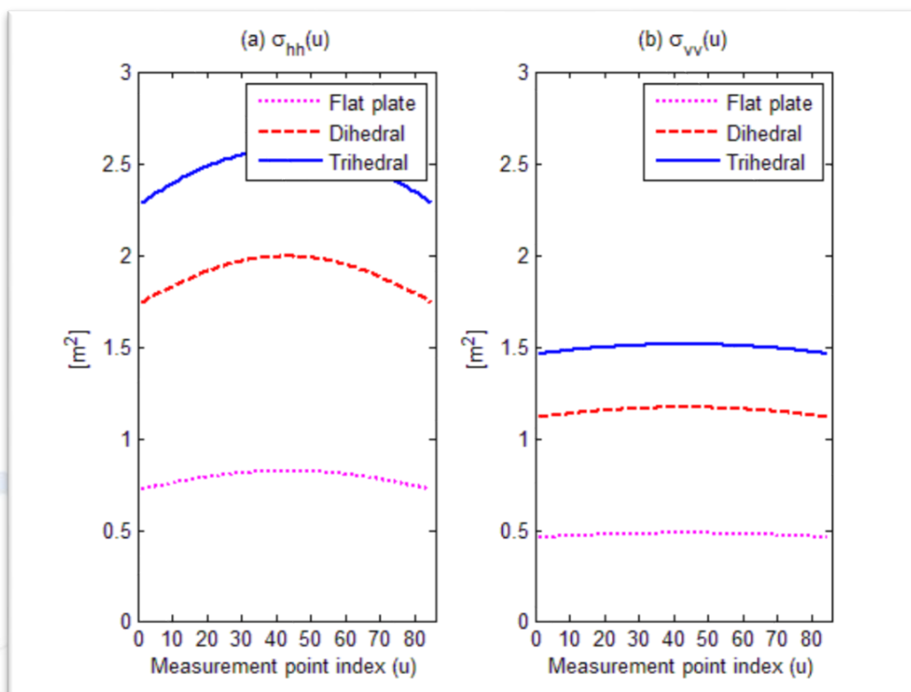
รูปที่ 3 จะแสดงค่าที่ได้จากการวัด RCS ของเป้าเฉพาะทั้งสามแบบ โดยใช้ตัวแปรต่างๆ ตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 1 และพื้นที่ทำการทดลองดังแสดงในรูปที่ 3 โดยในรูป (a) จะแสดงค่าที่ได้จากการใช้โพลาไรเซชันแบบ VV และ ในรูป (b) จะแสดงค่าที่ได้จากการใช้โพลาไรเซชันแบบ HH โดยจะแสดงผลด้วยรูปแบบเส้นที่แตกต่างกัน 3 ลักษณะคือ เส้น ... จะแสดงผลของแผ่นเหล็กเรียบ, เส้น - - จะแสดงผลของแผ่นเหล็กเรียบเข้ามุมฉากสองด้าน และ เส้น – จะแสดงผลของแผ่นเหล็กเรียบเข้ามุมฉากสามด้าน

รูปที่ 4 จะแสดงค่าที่ได้จากการคำนวณหาค่า RCS ของเป้าเฉพาะทั้งสามแบบโดยใช้หลักการ PO แบบพื้นฐาน ซึ่งจะไม่คำนึงถึงการสะท้อนและผลกระทบที่เกิดจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ตกกระทบกับส่วนบริเวณขอบของเป้าเฉพาะแบบต่างๆ โดยในรูป (a) จะแสดงค่าที่ได้จากการใช้โพลาไรเซชันแบบ VV และในรูป (b) จะแสดงค่าที่ได้จากการใช้โพลาไรเซชันแบบ HH เช่นเดียวกับผลการทดลองที่แสดงในรูปที่ 3 เพื่อความสะดวกในการเปรียบเทียบจะมีการแสดงผลการประมวลผลด้วยเส้น 3

แบบด้วยกันคือเส้น ... จะแสดงผลของแผ่นเหล็กเรียบ, เส้น - - จะแสดงผลของแผ่นเหล็กเรียบเข้ามุมฉากสองด้าน และ เส้น – จะแสดงผลของแผ่นเหล็กเรียบเข้ามุมฉากสามด้าน



รูปที่ 3 ภาพแสดงค่าที่ได้จากการวัด RCS ของเป้าเฉพาะทั้งสามแบบ, (a) แสดงค่าที่ได้จากการใช้โพลาไรเซชันแบบ VV และ (b) แสดงค่าที่ได้จากการใช้โพลาไรเซชันแบบ HH โดยเส้น ... แสดงผลของแผ่นเหล็กเรียบ, เส้น - - แสดงผลของแผ่นเหล็กเรียบเข้ามุมฉากสองด้าน และ เส้น –แสดงผลของแผ่นเหล็กเรียบเข้ามุมฉากสามด้าน



รูปที่ 4 ภาพแสดงค่าที่ได้จากการคำนวณหาค่าRCS ของเป้าเฉพาะทั้งสามแบบโดยใช้หลักการ PO แบบพื้นฐาน, (a) แสดงค่าที่ได้จากการใช้โพลาไรเซชันแบบ VVและ(b) แสดงค่าที่ได้จากการใช้โพลาไรเซชันแบบ HH โดยเส้น ... แสดงผลของแผ่นเหล็กเรียบ, เส้น - - แสดงผลของแผ่นเหล็กเรียบเข้ามุมฉากสองด้าน และ เส้น – แสดงผลของแผ่นเหล็กเรียบเข้ามุมฉากสามด้าน

5.วิจารณ์ผลและสรุปผล

จากผลการทดลองจะทำให้เห็นว่าเป้าเฉพาะรูปแบบต่างๆ จะมีคุณสมบัติในการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ตกกระทบด้วยมุมที่แตกต่างกันเนื่องจากอยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมของระบบ GB-SAR ที่ชุดอุปกรณ์และสายอากาศภาครับและภาคส่งจะมีการเคลื่อนที่ไปตามแนวขวางกับทิศทางการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยผลการทดลองที่ได้จากการวัดจะมีลักษณะเฉพาะตัวของเป้าเฉพาะแต่ละรูปแบบ โดยจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของชุดอุปกรณ์เครื่องมือและลักษณะโพลาไลเซชันของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ตกกระทบและสะท้อนกลับมายังสายอากาศภาครับ ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จา กการประมวลผลโดยใช้หลักการ PO จะมีความแตกต่างกัน ซึ่งอาจจะเป็นเพราะในการประมวลผลนั้น ยังไม่ได้คำนึงถึงความเป็นไปได้ทั้งหมดของการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นระหว่างแผ่นโลหะแต่ละแผ่นที่ประกอบขึ้นเป็นรูปทรงเฉพาะนั้นๆ อีกทั้งระยะความยาวของระบบรางจะมีลักษณะค่อนข้างสั้น ทำให้ความแตกต่างของมุมตกกระทบมีไม่มากนักเมื่อเทียบกับมุมตกกระทบที่จุดกึ่งกลางของระบบราง

โดยสรุปแล้ว ผลการทดลองเป็นไปตามสมมุติฐานที่ได้ตั้งไว้ และสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลหนึ่งในการวิจัยต่อไปในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับ การสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และการนำมาประยุกต์ใช้ในระบบ GB-SAR ต่อไป

6.ข้อเสนอแนะ

ในการทดลองวัดค่าในสภาพสถานที่เปิดนั้น จะมีผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากวัตถุอื่นๆ โดยรอบ เพื่อให้การวัดสามารถทำได้แม่นยำมากขึ้น อาจจะสามารถทำได้โดยเข้าไปทำการวัดให้ห้องที่มีวัสดุดูดซับสัญญาณ หรือปรับใช้เครื่องมือวัดที่มีค่าความแม่นยำและละเอียดสูงมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

J.C. Curlander and R.N. McDonough. (1991). **Synthetic Aperture RADAR System and Signal Processing**. New York: John Wiley & Sons, Inc.

H. Klasing and W. Holpp. (2000). **Radar mit realer und synthetischer Apertur**. Munich: Oldenbourg Verlag.

R.B. Dybdal. (1987). Radar cross section measurements. **Proceedings of the IEEE**, Vol. 75, No. 4, April, 498-516.

C. Uluisik, G. Cakir, M. Cakir and L. Sevgi. (2008). Radar cross section (RCS) modeling and simulation, part 1: a tutorial review of definitions, strategies, and canonical examples. **IEEE Antennas and Propagation Magazine**, Vol. 50, No. 1, February, 115-126.

C.A. Balanis. (2008).**Modern Antenna Handbook**. Canada: John Wiley& Sons, Inc.

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการใช้งานข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์และฐานข้อมูล NoSQL

Performance Comparison between Relational Database and NoSQL Database for Spatial Data Usages

พงศกร อุดมบัว และพิพัธน์ เรืองแสง

Pongsakorn Udombua and Pipat Reungsang

สาขาการรับรู้จากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

โทรศัพท์ 043-362-188 โทรสาร 043-342-910 e-mail : udombua@kkumail.com

บทคัดย่อ

ข้อมูลเชิงพื้นที่ส่วนใหญ่ที่ใช้งานในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ถูกจัดเก็บในระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่มีขนาดใหญ่ ปัจจุบันมีการใช้งานฐานข้อมูลเชิงพื้นที่เหล่านี้ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตมากขึ้นทำให้ต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพในการเข้าถึงและการสืบค้นมากขึ้น เมื่อไม่นานมานี้องค์กรที่มีการใช้งานฐานข้อมูลขนาดใหญ่ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต เช่น Google ได้นำระบบฐานข้อมูล NoSQL มาประยุกต์ใช้งานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับองค์กร ซึ่งประสิทธิภาพจากการใช้ระบบฐานข้อมูลที่แตกต่างกันจำเป็นต้องมีเปรียบเทียบเชิงลึกให้เห็นถึงข้อดีและข้อเสียเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการบริหารจัดการข้อมูลได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อทดสอบการใช้งานและเปรียบเทียบประสิทธิภาพในใช้งานข้อมูลเชิงพื้นที่บนฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์และฐานข้อมูล NoSQL ด้วยโปรแกรมระบบฐานข้อมูล PostgreSQL และ MongoDB ตามลำดับ ข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปแบบ ShapeFile ถูกนำเข้าและส่งออกในระบบฐานข้อมูลทั้งสองผ่านระบบอินเตอร์เน็ต ประสิทธิภาพในการนำเข้าและส่งออกข้อมูลเชิงพื้นที่ถูกทดสอบโดยการวัดผลจากความเร็วในการประมวลผลและปริมาณทรัพยากรที่ถูกเรียกใช้งานระบบ ผลที่ได้จากการวิจัยสามารถนำไปเป็นแนวทางในการทำเหมืองข้อมูลหรือ Big Data Analytic ที่เหมาะสมได้ในอนาคต

คำสำคัญ : การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ, การใช้งานข้อมูลเชิงพื้นที่, ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์, ฐานข้อมูล NoSQL

ABSTRACT

Most of spatial data usages in Geographic Information Systems stored in large relational database. Nowadays, using these spatial data on the Internet have been increased which efficiency for accessing and searching need to be concerned. Recently, Google who maintains huge database accessing through the Internet implemented NoSQL database in order to improve their work efficiency. Therefore, detailed comparison of efficiencies from using different databases are needed in order to determine advantage and disadvantage for managing data properly and efficiently. The objectives of this research were to implement and compare performance usages of spatial data on relational and NoSQL databases using PostgreSQL and MongoDB database programs, respectively. Spatial data in ShapeFile format was imported and exported through the Internet using those two databases. Performances during importing and exporting the spatial data were evaluated by measuring both processing time and amount of resource usages in the system. Research results could be used to give guidance for doing data mining and Big Data Analytic properly in the future.

KEYWORDS : Performance comparison, spatial data usage , relational database, NoSQL database

1. บทนำ

ปัจจุบันข้อมูลเชิงพื้นที่ทางภูมิศาสตร์มีแนวโน้มที่มีการใช้งานมากขึ้น ซึ่งข้อมูลดังล่าวนอกจากจะได้จากการสำรวจพื้นที่ภัยพิบัติแล้ว ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่อื่น ๆ ยังก่อให้เกิดข้อมูลเชิงพื้นที่ใหม่ขึ้น ซึ่งบางครั้งจำเป็นต้องมีการเก็บข้อมูลย้อนหลังทั้งหมดเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ถึงการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ที่ได้เกิดขึ้น ทำให้ข้อมูลดังกล่าวมีแนวโน้มที่จะปริมาณข้อมูลจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ การจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ดั้งเดิมจะมีการเก็บบันทึกข้อมูลไว้ในรูปแบบของไฟล์ Static ซึ่งจะมีความสะดวกรวดเร็วในการใช้งานข้อมูล แต่การใช้งานร่วมกันระหว่างผู้ใช้หลายคนในเวลาเดียวกันทำได้ยากเนื่องจากข้อมูลดังกล่าวอาจอยู่คนละที่กัน ทำให้ต่อมาข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ถูกจัดเก็บให้อยู่ในรูปแบบของระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Management System) ซึ่งมีความสะดวกในการใช้งานมากขึ้น สามารถรองรับการทำงานร่วมกันได้จากหลายๆ ผู้ใช้งานและมีความสะดวกในการปรับปรุงข้อมูล แต่เนื่องจากข้อมูลมีปริมาณมากขึ้น ทำให้การตอบสนองในการใช้งานของระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงต้องมีการนำเทคโนโลยีในการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบใหม่มาทำการพัฒนา ทดลองใช้งานและตรวจวัดประสิทธิภาพในการทำงาน ซึ่งการจัดเก็บข้อมูลแบบใหม่คือ ระบบฐานข้อมูลที่ไม่มีความสัมพันธ์ (NoSQL Database) ซึ่งเป็นระบบฐานข้อมูลที่มีการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบ Key-Value ซึ่งมีโครงสร้างของข้อมูลที่มีความยืดหยุ่นสูงและสามารถรองรับการทำงานในปริมาณข้อมูลที่มีมากได้ NoSQL Database ที่นิยมใช้ในปัจจัชุบันคือ MongoDB ซึ่งเป็นระบบฐานข้อมูลแบบเปิด (Open Source) มีขนาดเล็กและไม่มีค่าใช้จ่ายในการใช้งานทว่าเพื่อความมั่นใจในการใช้งานระบบฐานข้อมูลแบบ NoSQL ว่าสามารถทำได้ดีกว่าการจัดเก็บข้อมูลภูมิศาสตร์บนระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ การวัดและเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำงานของระบบฐานข้อมูลทั้งสองจึงเป็นสิ่งจำเป็น

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดลองความเป็นไปได้ในการจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในรูปแบบฐานข้อมูล NoSQL ประเภท Document Store

2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่บนระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์กับระบบฐานข้อมูลที่ไม่มีความสัมพันธ์

3. วิธีการวิจัย

3.1 ระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Management System) และฐานข้อมูล PostgreSQL

ระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Management System : RDMS) เป็นฐานข้อมูลที่ใช้โมเดลเชิงสัมพันธ์เป็นแบบจำลอง มีการใช้งานอยู่รูปแบบของตาราง (Table) ในแต่ละตารางถูกแบ่งออกเป็นแถว (Record) และในแต่ละแถวถูกแบ่งเป็นคอลัมน์ (Column) ตามทฤษฎีทางคณิตศาสตร์เรื่องเซต (Set) ทำให้ระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ง่ายต่อการทำความเข้าใจและประยุกต์ใช้งานจึงได้รับความนิยมที่สุด ส่วนประกอบโครงสร้างพื้นฐานของฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ประกอบด้วย ความสะมพันธ์ (Relation) แอททริบิวต์ (Attribute) ทูเพิล (Tuple) หรือแถว (Record) และคีย์หลัก (Primary Key) (Pragaimas and Pusadee, 2014)

PostgreSQL เป็นฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ที่มีการสนับสนุนการทำงานในรูปแบบ Client Server ที่มีแนวโน้มในการจัดการข้อมูลทางด้านภูมิสารสนเทศศาสตร์ได้ดี การทำงานของ PostgreSQL จะเป็นรูปแบบการประมวลผลแบบ 1 ผู้ใช้งานต่อ 1 โปรเซส ดังนั้นเพื่อเป็นการทำงานแบบหลายๆผู้ใช้งาน จะต้องมีโปรเซสที่ดังนี้ (วิเชียร, 2543)

3.1.1 postmaster : เป็นโปรเซสที่เกี่ยวข้องกับการดูแลและจัดการการสื่อสารกับระบบติดต่อบนเครือข่าย

3.1.2 psql : เป็นโปรเซสที่ทำหน้าที่จัดการความต้องการของผู้ใช้ในการเข้าถึงข้อมูล

3.1.3 Postgre Process : เป็นโปรเซสที่เกี่ยวกับการจัดการข้อมูลบน Server

3.2 NoSQL ประเภทของฐานข้อมูล NoSQL

NoSQL เป็นระบบฐานข้อมูลที่ไม่มีการเก็บความสัมพันธ์ มีพื้นฐานจากการใช้ Key-Value ซึ่งแตกต่างจากระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ RDBMS (Lu Dong-hai, 2011) ปัจจุบันฐานข้อมูล NoSQL สามารถรองรับการขยายระบบงานได้รวดเร็วเมื่อมีผู้ใช้งานหลายคนต้องการอ่านข้อมูลพร้อม ๆ กัน มีประสิทธิภาพสูงในการเขียนข้อมูลและการเข้าถึงฐานข้อมูลขนาดใหญ่ ฐานข้อมูล NoSQL มีโครงสร้างในการจัดเก็บข้อมูลที่แตกต่างอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับ RDBMS แบบเดิม

ทำให้ฐานข้อมูล NoSQL มีความเหมาะสมมากในการเก็บและจัดการข้อมูลข้อความ ภาพ ที่เป็นข้อมูลแบบกึ่งมีโครงสร้างและไม่มีโครงสร้าง (Fan Kai, 2013 and Robbin, 2013)

ระบบฐานข้อมูล NoSQL จะจัดแบ่งประเภทของการจัดเก็บข้อมูลออกเป็น 4 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่

3.2.1 Key-value Store เป็นฐานข้อมูลที่จะจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบ Array เป็นการจัดเก็บข้อมูลที่ง่าย และไม่ซับซ้อนในการจัดการข้อมูล มีความสามารถในการจัดการข้อมูลที่รวดเร็ว โดยจะนิยาในการเก็บข้อมูลที่มีการเรียงลำดับหลายๆชุดข้อมูล ซึ่ง Software ที่ใช้ระบบ Key-value Store เช่น Keyspace, Flare, Redis เป็นต้น

3.2.2 Document Store แนวคิดที่ต่อยอดจากการจัดเก็บข้อมูลแบบ Key-value ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงข้อมูลเพื่อให้อยู่ในรูปแบบมาตรฐาน อาทิ XML (EXtensible Markup Language.), YAML, JSON (JavaScript Object Notation) รวมไปถึงการเก็บข้อมูลในรูปแบบ Binary เช่น BSON (Binary JSON) ซึ่ง Document ที่จัดเก็บ จะมีการระบุ Key ของข้อมูลที่ไม่ซ้ำกันในแต่ละ Document เพื่อสามารถจะนำไปใช้ในการจัดเก็บลงในฐานข้อมูล เพื่อสามารถให้บริการในการสืบค้นข้อมูลได้ ซึ่ง Software ที่ใช้ระบบ Document Store เช่น Mongo-DB, DocumentDB, Lotus Notes เป็นต้น

3.3.3 Graph Store ชนิดของฐานข้อมูลนี้ เป็นฐานข้อมูลที่ถูกออกแบบมาสำหรับข้อมูลที่มีความสำพันธ์ ซึ่งองค์ประกอบจะมีการเชื่อมโยง และมีความสัมพันธ์กันในแต่ละชุดข้อมูล ซึ่ง Software ที่ใช้ระบบ Graph Store เช่น Neo4j, MarkLogic, OrentDB เป็นต้น

3.3.4 Column Store เป็นฐานข้อมูลที่มุ่งเน้นให้ทำการเก็บข้อมูลมากกว่าการอ่านข้อมูล ซึ่งข้อมูลจะอยู่ในรูปแบบของ Column มากกว่าแถวของข้อมูล ซึ่ง Column จะทำการแบ่งส่วนออกมาเพื่อที่จะสามารถเก็บข้อมูลแบบ Column ได้แบบไม่จำกัด ซึ่ง Software ที่ใช้ระบบ Column Store เช่น Cassandra, HBase, Accumulo เป็นต้น

3.3 ฐานข้อมูล MongoDB

MongoDB เป็นโปรแกรมรหัสเปิด (Open Source) ซึ่งมีสิทธ์แบบ AGPL (Affero General Public License) MongoDB ถูกพัฒนาด้วยภาษา C++ บนระบบไฟล์แบบกระจายของ Google (Google distributed file system), BigTable. MongoDB เป็นระบบฐานข้อมูลที่ไม่มีรูปแบบโครงสร้างของข้อมูลที่ชัดเจน ทำให้สามารถปรับโครงสร้างของข้อมูลได้ตามความเหมาะสมกับการใช้งาน ส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง จากการรายงานผลการทดสอบอย่างเป็นทางการผ่านเว็บไซต์ของ MongoDB พบว่าเมื่อข้อมูลมีขนาด 50 Gigabytes ความเร็วในการเข้าถึงของ MongoDB จะมีความเร็วเป็น 10 เท่าเมื่อเทียบกับ MySQL และเมื่อมีการใช้งานพร้อมกันสามารถเข้าถึงได้ 0.5 - 1,500,000 ครั้งต่อวินาที (Xiaomin, 2014)

MongoDB เป็นฐานข้อมูลที่ไม่มีความสัมพันธ์ พัฒนาขึ้นจากโครงสร้างข้อมูลของ JSON (JavaScript Object Notation) รูปแบบการแลกเปลี่ยนนี้ไม่เพียงแต่ง่ายต่อการอ่านและเขียนแล้ว ยังสามารถคัดลอกหรือสร้างขึ้นใหม่ได้ง่าย รูปแบบการจัดเก็บข้อมูลของ MongoDB เป็นแบบ BSON (Binary JSON) ที่มีขนาดเล็ก มีประสิทธิภาพและง่ายในการส่งข้อมูลที่มีความหลากหลายและความซับซ้อน (Wang, 2011)

3.4 เครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบและการตรวจสอบผล ประกอบไปด้วย

1. Google Computer Engine จำนวน 2 ชุด สำหรับระบบฐานข้อมูล MongoDB และ PostgreSQL
   - Instances : n1-standard-1
   - CPU : 1 vCPU.
   - Ram : 3.75 Gb.
   - OS : Debian 7.8 (64 Bit.)
   - Storage : 40 GB (SSD Persistent disk)
2. Google Computer Engine จำนวน 1 ชุด สำหรับพัฒนาระบบ
   - Instances : n1-standard-1
   - CPU : 2 vCPU.
   - Ram : 3.75 Gb.
   - OS : Debian 7.8 (64 Bit.)
   - Storage : 40 GB (SSD Persistent disk)

3. Software

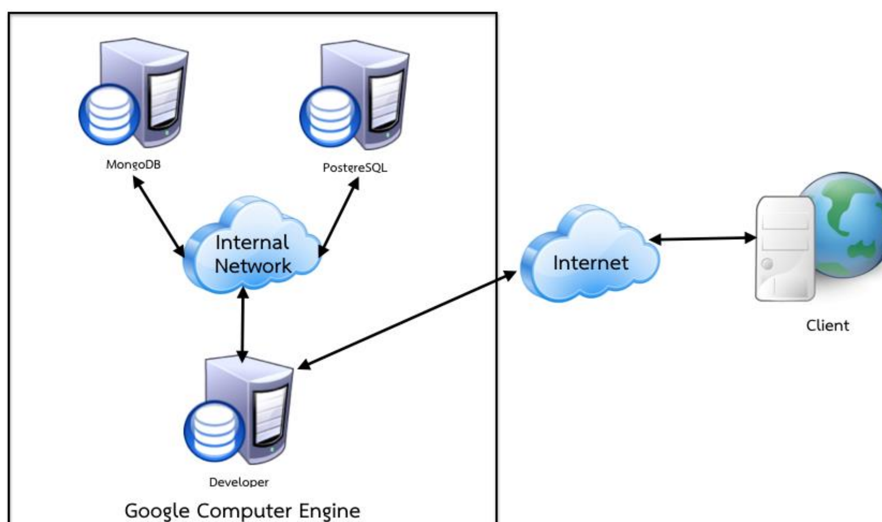
- MongoDB 3.0.6
- Mongo Management Studio
- PostgreSQL 9.4
- PGAdmin 3
- Python 2.7

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานของระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ PostgreSQL และฐานข้อมูลที่ไม่มีโครงสร้าง MongoDB ถูกทดสอบอยู่บนระบบ Google Computer Engine ซึ่งเป็นระบบ Cloud Computer ที่สามารถจัดการทรัพยากรณ์ของระบบได้อย่างรวดเร็ว สามารถปรับเปลี่ยนความเร็วของ CPU ขนาดหน่วยความจำ ขนาดของ Hard disk และอุปกรณ์เชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายได้ ที่สำคัญสามารถปรับเปลี่ยนสถาปัตยกรรมของระบบได้ง่าย การวิจัยครั้งนี้สถาปัตยกรรมของระบบประกอบไปด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์จำลอง (Virtual Machine : VM) จำนวน 3 ชุด โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มได้แก่

1. กลุ่มของระบบฐานข้อมูล ซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์จำลอง 2 ชุด ที่มีทรัพยากร สภาพแวดล้อม และคุณสมบัติต่าง ๆ ของเครื่องที่เท่ากัน โดยกำหนดให้สร้างจาก Template เดียวกัน โดยติดตั้งระบบปฏิบัติการ Debain Version 7.8 (64 bit) ที่เหมือนกันทั้ง 2 ชุด โดยแต่ละชุดมีการติดตั้งโปรแกรมระบบฐานข้อมูลที่แตกต่างกันเพียงอย่างเดียว คือ MongoDB 3.0.6 และ PostgreSQL 9.4

2. กลุ่มของการประมวลผลข้อมูล เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีหน้าที่ในการเก็บข้อมูล ShapeFile ก่อนการประมวลผลและเก็บชุดคำสั่งที่ใช้ในการประมวลผล ประกอบไปด้วยครื่องคอมพิวเตอร์จำลอง 1 ชุด โดยทำการติดตั้ง Software Python 2.7 และ Library ที่ใช้ในการประมวลผล เพิ่มเติมจากระบบปฏิบัติการ Debian Version 7.8 (64 Bit)

ทั้งนี้กลุ่มของเครื่องจำลองทั้งหมดได้ถูกเชื่อมต่อผ่านบนระบบเครื่องข่ายภายในแบบปิด Closed Internal Network เพื่อความรวดเร็วของการส่งผ่านข้อมูลและควบคุมสภาพแวดล้อมให้มีตัวแปรที่ส่งผลต่อการส่งผ่านข้อมูลจากระบบประมวลผลไปสู่ระบบฐานข้อมูลน้อยที่สุด โดยมีสถาปัตยกรรมระบบทั้งหมดแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 สถาปัตยกรรมของระบบที่ใช้ในการทดสอบ

3.5 ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ

ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบเป็นข้อมูล Vector ที่จัดเก็บในรูปแบบของ ShapeFile ที่เป็นแบบ Polygon ซึ่งข้อมูลนี้ได้มาจากการ Classification แบบควบคุม (Supervised Classification) ของพื้นที่ผิวน้ำในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat โดยมีจำนวน Polygon ทั้งสิ้น 1,500,000 เร็คคอร์ด และมีจำนวน Attribute ทั้งหมด 23 Column ซึ่งเก็บข้อมูลขนาดของพื้นที่ผิวน้ำ ชื่อตำบล ชื่ออำเภอ และชื่อจังหวัด เป็นต้น

3.6 วิธีการตรวจวัดประสิทธิภาพของฐานข้อมูล

ในการตรวจวัดประสิทธิภาพของฐานข้อมูล ข้อมูลจำนวน 1,500,000 เร็คคอร์ด ถูกแบ่งออกเป็น 8 ชุด แต่ละชุดมีจำนวนเร็คคอร์ดเท่ากับ 1,000, 5,000, 10,000, 50,000, 100,000, 500,000, 1,000,000, 1,500,000 เร็คคอร์ด เพื่อใช้ในการทดสอบเวลาของการประมวลผล การนำเข้า และการสืบค้น ซึ่งถูกบันทึกลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรมที่พัฒนาด้วยภาษา Python โดยมีขั้นตอนและรายละเอียดดังนี้

3.5.1 ขั้นตอนเริ่มต้นข้อมูลภูมิศาสตร์ที่ถูกจัดเก็บในรูปแบบ ShapeFile ถูกแปลงให้อยู่ในรูปแบบของ Dictionary ซึ่งเป็นการจัดเก็บข้อมูลแบบ Key-Value ที่มีลักษณะของรูปแบบใกล้เคียงกับรูปแบบ JSON โดยการเรียกใช้ PySHP Library (https://code.google.com/p/pyshp) ซึ่งเป็นชุดคำสั่งสำเร็จรูปในภาษา Python เพื่ออ่านข้อมูล ShapeFile โดยจะทำการอ่านข้อมูลเชิงพื้นที่ทุกจุดพิกัดของข้อมูล และข้อมูล Attribute ซึ่งจะแสดงตัวอย่างชุดคำสั่งในดังแสดงในรูปที่ 2 ทั้งนี้รูปร่างของข้อมูลภูมิสารสนเทศถูกอ่านและจัดเก็บในตัวแปร shape ในขณะที่ข้อมูล Attribute ถูกอ่านและจัดเก็บในตัวแปร fields แล้วจากนั้นนำไปสร้างข้อมูลในรูปแบบของ Dictionary ด้วย Function genDocs ดังตัวอย่างชุดคำสั่งแสดงในรูปที่ 3

```
def genDocs(shapetype,attrs,coords):
    geom = {'shapetype':shapetype,'coordinates':str(coords)}
    geom.update(attrs)
    return geom
```

รูปที่ 2 แสดงชุดคำสั่งในการอ่านข้อมูล ShapeFile

```
def parsShapefile():
    shp = shapefile.Reader(shapeFileInput);
    shape = shp.shapes();
    record = shp.records();

    fields = shp.fields;

    properties = {};
    document = [];

    for k in range(1):
      for i in range(len(record)):
        for j in range(len(fields)-1):
            properties[fields[j+1][0]] = record[i][j]
        document.append(genDocs(shape[i].__geo_interface__['type'],properties,shape[i].points))

    return document
```

รูปที่ 3 แสดงชุดคำสั่งในการจัดเก็บข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบ Dictionary

3.5.2 ขั้นตอนที่สองเป็นการนำเข้าข้อมูล ShapeFile ทั้งหมดที่ถูกแปลงให้อยู่ในรูปแบบ Dictionary เรียบร้อยแล้วเข้าสู่ฐานข้อมูล PostgreSQL และ MongoDB โดยจะทำการนำเข้าแบบทีเดียวทั้งหมด ขั้นตอนนี้จะมีการบันทึกเวลาในการนำเข้าข้อมูลผ่านชุดคำสั่งที่พัฒนาขึ้นด้วยภาษา Python ร่วมกับ PyMongo Library (https://api. mongodb.org/python/current) สำหรับระบบฐานข้อมูล MongoDB และ psycopg Library (http://initd.org/ psycopg) สำหรับระบบฐานข้อมูล PostgreSQL ตามลำดับ โดยตัวอย่างชุดคำสั่งในการนำเข้าข้อมูลสำหรับ MongoDB และ PostgreSQL แสดงใน รูปที่ 4 และ รูปที่ 5 ตามลำดับ

```
def insertRec():

    tic = time.time()
    conn=psycopg2.connect("dbname='test_shp1' user='postgres' password='' host='10.240.0.6'")
    cur = conn.cursor()
    sql = """SELECT * FROM t_1k"""
    cur.execute(sql)
    result = cur.fetchone()
    print result[0]

    toc = time.time()
    proTime = toc - tic
    print "PG Process Time : "+str(proTime)+" Sec."

insertRec()
```

รูปที่ 4 แสดงชุดคำสั่งในการนำเข้าข้อมูลสู่ระบบฐานข้อมูล MongoDB

```
def query():

    tic = time.time()

    client = MongoClient("mongodb://10.240.0.5:27017")

    db = client.test_shp1

    cursor = db.t_500k.find()
    client.close()
    cursor.explain()
    toc = time.time()
    proTime = toc - tic
    print "NoSQL Process Time : "+str(proTime)+" Sec."

query()
```

รูปที่ 5 แสดงชุดคำสั่งในการนำเข้าข้อมูลสู่ระบบฐานข้อมูล PostgreSQL

3.5.3 ขั้นตอนของการสืบค้นข้อมูล ในขั้นตอนนี้จะทำการบันทึกเวลาที่ใช้ในการสืบค้นข้อมูลจากจำนวนเร็คคอร์ดทั้งหมดที่ได้กำหนดไว้แล้วจาก 8 ชุดข้อมูลที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น ผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นฐานข้อมูล MongoDB และ PostgreSQL จะถูกจัดให้อยู่ในรูปแบบของ Dictionary ผ่านชุดคำสั่งภาษา Python ดังแสดงใน รูปที่ 6 และ รูปที่ 7 ตามลำดับ

```
def insertRec():

    tic = time.time()
    conn=psycopg2.connect("dbname='test_shp1' user='postgres' password='' host='10.240.0.6'")
    cur = conn.cursor()
    print "Records : "+str(len(doc))
    sql = """INSERT INTO t_1_5M(coordinates, shapetype, tam_name, tam_code, month, year, "row", objectid, st_area_sh, prv_link, amp_link, prv_abbrv,
        amp_name_e, prv_name_e, amp_name, amp_code, prv_code, path, day, st_length_, yyyy_mm, prv_name, scene_name, tam_name_e) VALUES (%(coordinates
        )s, %(shapetype)s, %(tam_name)s, %(tam_code)s, %(month)s, %(year)s, %(row)s, %(objectid)s, %(st_area_sh)s, %(prv_link)s, %(amp_link)s, %(
        prv_abbrv)s, %(amp_name_e)s, %(prv_name_e)s, %(amp_name)s, %(amp_code)s, %(prv_code)s, %(path)s, %(day)s, %(st_length_)s, %(yyyy_mm)s, %(
        prv_name)s, %(scene_name)s, %(tam_name_e)s)"""
    cur.executemany(sql, doc)

    conn.commit()
    toc = time.time()
    proTime = toc - tic
    print "PG Process Time : "+str(proTime)+" Sec."

insertRec()
```

รูปที่ 7 แสดงชุดคำสั่งในการสืบค้นข้อมูลจากระบบฐานข้อมูล PostgreSQL

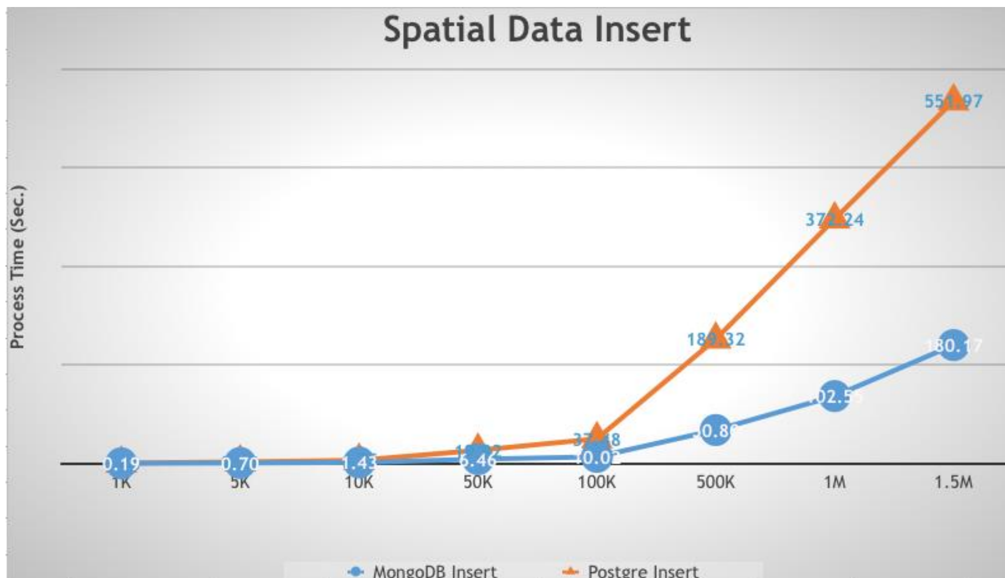
การวัดประสิทธิภาพในการทำงานของฐานข้อมูลทั้งสองสามารถทำได้ โดยใช้เวลาที่ได้จากการบันทึกเวลาจากขั้นตอนของการนำเข้าข้อมูลและการสืบค้นข้อมูล ซึ่งเวลาที่วัดได้จากการบันทึกจะมีหน่วยเป็นวินาที โดยจะทำการวัดตั้งแต่มีการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล จนสิ้นสุดการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล ทั้งนี้จะไม่มีการวัดเวลาในการแปลงข้อมูล ShapeFile มาเป็น Dictionary และการแปลงข้อมูล Dictionary กลับไปเป็น ShapeFile นอกจากนี้ได้ทำการบันทึกกราฟการใช้ปริมาณ CPU จากหน้าควบคุมของระบบ Google Computer Engine เพื่อเปรียบเทียบการใช้ทรัพยากรในการประมวลผลของทั้ง 2 ระบบฐานข้อมูล โดยในหนึ่งชุดข้อมูลจะทำการทดสอบเป็นจำนวน 5 ครั้ง เมื่อทดสอบครบแล้ว เวลาทั้งหมดถูกนำมาหาค่าเฉลี่ยในการประมวลผล เพื่อเป็นเวลาที่ใช้ในแต่ละชุดข้อมูล

4. ผลการวิจัย

ผลการทดสอบการนำเข้าข้อมูลจาก ShapeFile ไปสู่ฐานข้อมูล MongoDB และ PostgreSQL เชิงเวลาซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยมีหน่วยเป็นวินาที แสดงไว้ในตารางที่ 1 และแผนภูมิแสดงเวลาเฉลี่ยในการนำเข้าข้อมูลแสดงไว้ในรูปที่ 8

ตารางที่ 1 ตารางแสดงเวลาเฉลี่ยในการนำเข้าข้อมูลสู่ระบบฐานข้อมูล MongoDB และ PostgreSQL (หน่วย:วินาที)

Database	Record							
	1K	5K	10K	50K	100K	500K	1M	1.5M
MongoDB	0.19	0.70	1.43	6.46	10.02	50.80	102.55	180.17
PostgreSQL	0.46	2.23	4.75	19.92	37.48	189.32	372.24	551.97

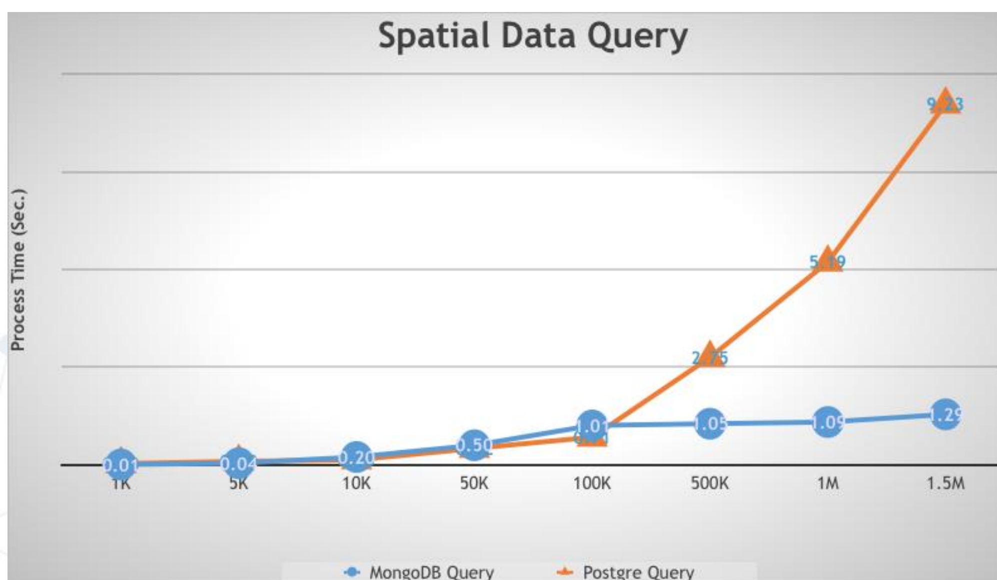


รูปที่ 8 แผนภูมิแสดงเวลาในการนำเข้าข้อมูลสู่ระบบฐานข้อมูล (หน่วย:วินาที)

ผลการทดสอบการสืบค้นข้อมูลจากระบบฐานข้อมูล MongoDB และ PostgreSQL ในเชิงเวลาซึ่งมีหน่วยเป็นวินาที แสดงไว้ในตารางที่ 2 และแผนภูมิแสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นข้อมูลแสดงใน รูปที่ 9

ตารางที่ 2 ตารางแสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นข้อมูลจากระบบฐานข้อมูล MongoDB และ PostgreSQL (หน่วย:วินาที)

Database	Record							
	1K	5K	10K	50K	100K	500K	1M	1.5M
MongoDB	0.01	0.04	0.20	0.50	1.01	1.05	1.09	1.29
PostgreSQL	0.03	0.09	0.13	0.42	0.71	2.75	5.19	9.23



รูปที่ 9 แผนภูมิแสดงเวลาในการสืบค้นข้อมูลจากระบบฐานข้อมูล MongoDB และ PostgreSQL (หน่วย:วินาที)

จากการนำเข้าข้อมูล ShapeFile จำนวน 1,500,000 เร็คคอร์ดเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล MongoDB และ PostgreSQL เครื่องคอมพิวเตอร์จำลองมีการใช้ทรัพยากรในส่วนของหน่วยความจำหลัก (RAM) รวมทั้งสิ้น 3.75 Gb. ทั้ง 2 ระบบ ส่วนหน่วยประมวลผล (CPU) มีแผนภูมิการใช้งานดังแสดงในรูปที่ 10 จุด P1 ในรูปแสดงปริมาณการใช้งาน CPU ในระหว่างการนำเข้าข้อมูลของระบบฐานข้อมูล PostgreSQL ในขณะที่จุด P2 แสดงปริมาณการใช้งาน CPU ในระหว่างการนำเข้าข้อมูลของระบบฐานข้อมูล MongoDB



รูปที่ 10 แผนภูมิแสดงปริมาณการใช้งาน CPU ในการนำเข้าข้อมูลของฐานข้อมูล MongoDB และ PostgreSQL

5. วิจารณ์ผลและสรุปผล

การศึกษาครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการนำเข้าข้อมูล ShapeFile ที่มีจำนวนเร็คคอร์ดตั้งแต่ 1,000 ไปจนถึง 1,500,000 เร็คคอร์ด เข้าสู่ระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ PostgreSQL และระบบฐานข้อมูลที่ไม่มีความสัมพันธ์ MongoDB และการสืบค้นข้อมูลที่ได้จัดเก็บในฐานข้อมูลทั้งสองแล้ว โดยที่ประสิทธิภาพในการทำงานของฐานข้อมูลทั้งสองถูกเปรียบเทียบจากเวลาที่บันทึกได้จากการนำเข้าและสืบค้นข้อมูล ผ่านทางชุดคำสั่งที่ถูกเขียนขึ้นด้วยภาษา Python ผลการวิเคราะห์เชิงเวลาพบว่า ระยะเวลาในการนำเข้าและสืบค้นข้อมูลของระบบฐานข้อมูล PostgreSQL มีระยะเวลาและการใช้งานทรัพยากรสูงกว่า MongoDB อย่างเห็นได้ชัดเจน จากจำนวนข้อมูล 500,000 เร็คคอร์ด เป็นต้นไป นอกจากนี้จากใช้งานระบบฐานข้อมูลทั้งสองพบว่า ความยืดหยุ่นในการนำเข้าข้อมูลของระบบฐานข้อมูล MongoDB ที่เป็นระบบ NoSQL มีมากกว่าเนื่องจากไม่ต้องมีการสร้างโครงสร้างของตารางไว้ก่อนที่จะมีการนำเข้าข้อมูล จึงทำให้มีความรวดเร็วในการเตรียมระบบฐานข้อมูลเพื่อจัดเก็บข้อมูลที่ต่างชนิดกัน

แผนภูมิแสดงเวลาในการสืบค้นข้อมูลจากระบบฐานข้อมูล MongoDB และ PostgreSQL แสดงให้เห็นชัดเจนว่าการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาในการสืบค้นข้อมูลของ MongoDB มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจากจำนวนข้อมูล 100,000 เร็คคอร์ดขึ้นไป ทั้งนี้ระบบฐานข้อมูล MongoDB เมื่อมีการสืบค้นข้อมูลซ้ำโดยที่ผลของข้อมูลเหมือนกันหลายๆครั้ง ระบบจะทำการคัดลอกข้อมูลเก็บไว้ (cache) เพื่อที่ระบบจะได้ไม่ต้องมีการประมวลผลข้อมูลซ้ำ โดยที่ ข้อมูลที่คัดลอกไว้จะมีการเปลี่ยนแปลงก็ต่อเมื่อข้อมูลในฐานข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงไป ทำให้การทำงานของระบบฐานข้อมูลที่ต้องให้บริการข้อมูลขนาดใหญ่ที่มีการเรียกใช้ข้อมูลซ้ำ ๆ กัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้งานระบบฐานข้อมูลผ่านระบบอินเตอร์เน็ตมีประสิทธิภาพมากขึ้น

6. ข้อเสนอแนะ

การทดสอบการ Query เชิงลึกเนื่องจากฐานข้อมูล MongoDB ยังไม่มีการพัฒนาในส่วนของ Aggregate Function ทางด้านภูมิสารสนเทศศาสตร์ เหมือนทาง PostgreSQL ซึ่งมี PostGIS ในการจัดการเรื่องข้อมูลเชิงพื้นที่ ผู้วิจัยจึงไม่ได้ทำการทดสอบในส่วนของการ Query โดยใช้ Aggregate Function ที่เกี่ยวข้องกับระบบข้อมูลเชิงพื้นที่ เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านการขยายตัวของระบบที่ใช้ในการทดสอบ ผู้วิจัยจึงไม่ได้ทำการทดสอบกับระบบที่อยู่ในรูปแบบ Distributed และ Parallel เนื่องจากการขยายตัวของระบบ จะมีค่าใช้จ่ายในการเพิ่มระบบที่สูงกว่าที่คาดการใว้

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพ และความเป็นไปได้ที่จะมีการเปลี่ยนแปลงระบบการจัดเก็บข้อมูลทางด้านภูมิสารสนเทศ ให้อยู่ในรูปแบบของ NoSQL เนื่องจากข้อมูลภูมิศาสตร์ในปัจจุบันมีขนาดใหญ่และเรียกใช้งานผ่านระบบ

อินเตอร์เน็ตมากขึ้น นอกจากระบบฐานข้อมูลแบบ NoSQL จะสามารถตอบสนองการให้บริการข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ได้อย่างรวดเร็วแล้ว ยังรองรับการนำไปสู่การวิเคราะห์ในรูปแบบของ Big Data Analytic และการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

Pragaimas, S., & Pudsadee, B. (2014). Analysis of Data Processing Performance between Relational and Non-Relational Databases of Documents. **The Tenth National Conference on Computing and Information Technology,** (Proceeding), 281-286.

วิเชียร ชุติมาสกุล, สุเทพจันทร์คำ. (2543). การจัดการข้อมูลเชิงสัมพันธ์แบบกระจายบนวีเอ็ม, **วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ.**, **23** (2), 47-58.

Lu Dong-hai,HE Xian-bo. (2011) The analysis of NoSQL database**. Science and Technology of West China,** (2), 14-16.

FAN Kai. (2010). An overview of NoSQL database, **Programmer**, (6), 76-78.

ROBBIN. (2013). A Discussion of NoSQL Database-Why Should Non-Relational Database**.** EB/OL, (1), 1-25.

Xiaomin Zhang, Wei Song, Liming Liu. (2014), An Implementation Approach to Store GIS Spatial Data on NoSQL Database, **22nd International Conference on Geoinformatics,** (Proceeding), 1-5.

WANG Guang-lei. (2011). MongoDB database of applied research and program optimization, **China Science and Technology Information**, **1(**20), 93-94.

แอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยวในเขตพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ ป่าพันดอนและป่าปะโค จังหวัดอุดรธานี

Android Application for Tourism Support System in Phan Don and Pakho National Forest, Udon Thani Province

ละอองดาว สีนากรุง รัตนาพร จันทร และ พิพัธน์ เรืองแสง

Laoongdao Seenakrung Rattanaporn Chantorn and and Pipat Reungsang

ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

โทรศัพท์ 043-362-188 โทรสาร 043-342-910 e-mail: A-oong@hotmail.com

บทคัดย่อ

ป่าสงวนแห่งชาติป่าพันดอน-ปะโคตั้งอยู่ในจังหวัดอุดรธานีครอบคลุมพื้นที่วนอุทยานคอยนาง น้ำตกธารงามและโครงการท่องเที่ยวเชิงนิเวศน์ภูฝอยลม เมื่อไม่นานมานี้ได้ถูกเปิดเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่เชิงนิเวศที่สำคัญของภูมิภาค แต่ละปีมีนักท่องเที่ยวมาเที่ยวชมและเข้าค่ายพักแรมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่ที่ยังไม่คุ้นเคยกับอุทยานมากนักมักจะเที่ยวชมจุดสำคัญๆ ได้ไม่ครบและบางครั้งเดินออกนอกเส้นทางเกิดการหลงป่า ดังนั้นเพื่อลดปัญหาดังกล่าว การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวและช่วยเหลือนักท่องเที่ยวในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติป่าพันดอน-ปะโค โดยแอปพลิเคชนที่พัฒนาขึ้นได้ถูกออกแบบให้สามารถทำงานได้กับสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ตบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ผู้ใช้สามารถสืบค้นข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวและแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบของแผนที่กูเกิล(Google Map) บนหน้าจอของอุปกรณ์ได้ นอกจากนี้แอปพลิเคชันที่ถูกพัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ 2 โหมดคือ โหมดออฟไลน์และโหมดออนไลน์ โดยทั่วไปแอปพลิเคชันดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในการประชาสัมพันธ์สถานที่ท่องเที่ยวและช่วยเหลือนักท่องเที่ยวเบื้องต้นในกรณีหลงป่าในเขตพื้นที่ศึกษาป่าสงวนแห่งชาติป่าพันดอนและป่าปะโคได้

คำสำคัญ :ระบบสนับสนุนการท่องเที่ยว ป่าสงวนแห่งชาติพันดอนและปะโค สมาร์ทโฟนและแท็บเล็ต

ABSTRACT

Phan Don–Pakhonational forest locates in UdonThani Province covers Koynang national park, Tarnngam waterfall and area of Phufoilom ecotourism project. Recently, the park is established as a major attraction of an ecotourism for national conservation park in the region. Each year number of tourists who come to visit and camping steadily increased. Many tourists who do not know the park very well usually will miss the attractive points and sometime get lost in the forest. Thus to mitigate this problems, the objective of this study was to develop application to introduce the park and to assist the tourists for Phandon–Pakhonational forest. The developed application is designed to work with Android smart phones or tablets. Users can search tourist attraction and display search results in the form of Google Map on their devices. Furthermore, the application can work on 2 modes including offline and online modes. In general, this application can be use to introduce the tourist attractions and to give basic guidance to tourists in case of get lost in the Phan Don–Pakhonational forest.

KEYWORDS : Tourism support system, Phan Don and Pakho national forest, smart phone and tablet

1. บทนำ

ป่าสงวนแห่งชาติป่าพันดอนและป่าปะโค มีเนื้อที่ 192,350 ไร่ บนเทือกเขาภูพานน้อย อยู่ในเขตตำบลเสอเพลอ ตำบลปะโค ตำบลพันดอน และตำบลโพธิ์ศรีสำราญ อำเภอกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี ถูกประกาศให้เป็นป่าสงวนแห่งชาติใน วันที่ 2 พฤษภาคม พ.ศ.2531 โดยอาศัยอำนาจตามความในมาตรา 5 และมาตรา 6 แห่งพระราชบัญญัติป่าสงวนแห่งชาติ พ.ศ. 2507 ซึ่งในเขตพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติป่าพันดอนและป่าปะโค มีวนอุทยานภูฝอยลม ตั้งอยู่บนเทือกเขาภูพานน้อยซึ่งสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 600 เมตร อากาศเย็นสบายตลอดปี ชื่อของภูฝอยลมมาจากไลเคนชนิดหนึ่ง คือ "ฝอยลม" ซึ่งเคยพบเกาะอาศัยอยู่ตามกิ่งของต้นไม้ใหญ่ในบริเวณนี้ แต่ปัจจุบันพบได้น้อยลงเนื่องจากป่าถูกบุกรุกจนมีสภาพเสื่อมโทรม ในปี 2535 กรมป่าไม้ได้อนุมัติให้จัดตั้ง สวนรวมพรรณไม้ป่า 60 พรรษา มหาราชินี เพื่อเทิดพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ฯ พระบรมราชินีนาถ ในวโรกาสที่ทรงเจริญพระชนมพรรษาครบ 60 พรรษา และเพื่อเป็นแหล่งรวบรวมพรรณไม้ป่าของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตลอดจนเป็นสถานที่สำหรับศึกษาธรรมชาติและพักผ่อนหย่อนใจของจังหวัดอุดรธานี ในปี 2541 กรมป่าไม้ได้อนุมัติให้จัดทำโครงการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติป่าพันดอนและป่าปะโค ตามนโยบายของรัฐบาลที่ต้องการสร้างแหล่งท่องเที่ยวเพิ่มขึ้นโดยพัฒนาหน่วยงานที่เหมาะสมให้เป็นแหล่งท่องเที่ยว ต่อมาในปี 2545 สำนักงานป่าไม้เขตอุดรธานี ได้รับอนุมัติงบประมาณก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐาน และปรับปรุงภูมิทัศนในพื้นที่ให้บริการ และได้เปลี่ยนชื่อโครงการ เป็น "โครงการท่องเที่ยวเชิงนิเวศภูฝอยลม" ใช้ชื่อภาษาอังกฤษว่า "Phu Foilom Ecotourism Project" เพื่อความสะดวกในการจดจำ และเป็นที่รู้จักของคนทั่วไป และในปีเดียวกันได้มีสร้างแหล่งน้ำเพิ่มเติม สร้างถนนลาดยาง และจัดทำโครงการอุทยานล้านปีภูฝอยลม โดยมีการสร้างอาคารพิพิธภัณฑ์ รูปปั้นไดโนเสาร์ชนิดต่าง ๆ จระเข้และเต่าโบราณ จัดทำหุ่นจำลองแสดงวิวัฒนาการจากลิงจนกลายเป็นมนุษย์ จัดทำนาฬิกาแดด โดยมีเส้นทางเดินเท้าและการปรับปรุงภูมิทัศน์ในบริเวณโดยรอบ และจัดกิจกรรมการเข้าค่ายพักแรม บางคนเพิ่งเคยมาครั้งแรก ยังไม่ทราบจุดท่องเที่ยวของพื้นที่ว่ามีจุดไหนบ้าง หรือจุดไหนน่าสนใจและมีนักท่องเที่ยวเดินเที่ยวชมศึกษาธรรมชาติหลงทางเข้าไปในป่า โดยเฉลี่ย 2 คนต่อปี ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาต่างๆ จึงมองเห็นความสำคัญในการในการจัดทำแอปพลิเคชันสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับนักท่องเที่ยวในเขตพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติป่าพันดอนและป่าปะโคซึ่งมีวนอุทยานแห่งชาติภูฝอยลม น้ำตกธารงาม ที่จะช่วยนักท่องเที่ยววางแผนทำกิจกรรมต่างๆ ค้นหาเส้นทางไปยังสถานที่ต่างๆ ในเขตวนยานฯ เพื่อรองรับนักท่องเที่ยวในกรณีหลงป่า ซึ่งเป็นแอปพลิเคชัน แผนที่นำทาง ที่เหมาะสำหรับผู้ที่ชอบเดินป่าอย่างยิ่ง เนื่องจากตัวแอปพลิเคชัน สามารถแสดงแผนที่ภูมิประเทศได้อย่างชัดเจน ไม่ว่าจะตำแหน่งสถานที่สำคัญ ซึ่งสามารถใช้ได้ทั้งระบบกึ่งออฟไลน์และระบบออนไลน์ มีสัญญาณเตือนในกรณีออกนอกจากเขตหวงห้าม และหาเส้นทางที่ใกล้ที่สุดและปลอดภัยที่สุด เพื่อช่วยเหลือนักท่องเที่ยวเบื้องต้นในกรณีหลงป่า ค้นหาหมู่บ้านที่ใกล้ที่สุด อีกทั้งยังมีฟังก์ชันเสริมไว้ใช้งานในกรณีต่างๆ เช่น ต้องการทราบหมายเลขโทรศัพท์ของหน่วยงานต่างๆ ในจังหวัดอุดรธานีไม่ว่าจะเป็นสายด่วน/เหตุฉุกเฉิน เป็นต้น ซึ่งแผนที่นำทางอีกหนึ่งตัวที่สามารถเรียกใช้งานแบบออฟไลน์ได้ภายในแอปพลิเคชัน ได้แก่ การนำทางด้วยระบบ GPS ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตก็สามารถใช้งานได้ และค้นหาสถานที่ที่ต้องการจะไปหรือกำหนดพิกัดเพื่อให้แอปพลิเคชัน และเพื่อให้มั่นใจว่าแอปพลิเคชันจะเป็นประโยชน์แก่นักท่องเที่ยววนอุทยานแห่งชาติภูฝอยลม ผู้วิจัยจึงได้มีการพัฒนาแอปพลิเคชันค้นหาเส้นทางและการให้ข้อมูลของสถานที่ท่องเที่ยวในวนอุทยานแห่งชาติภูฝอยลมจังหวัดอุดรธานี เนื่องจากในเว็บไซต์ส่วนใหญ่มีการแยกการนำเสนออ้างข้อมูลออกเป็นส่วนๆทำให้ ผู้ใช้งานต้องเข้าค้นหาที่ละหลายๆเว็บไซต์จึงจะได้ข้อมูลที่ครบถ้วน จึงได้มีการรวบรวมข้อมูลที่มีอยู่อย่างกระจัดกระจายนี้ให้เป็นระบบบริการเส้นทางการท่องเที่ยวที่เหมาะสมแก่ ผู้ใช้บริการมือถือ สมาร์ตโฟน แท็บเล็ตรวมไปถึงเครื่องมือสื่อสารต่างๆ ผู้วิจัยจึงมุ่งหวังที่จะพัฒนาระบบนำทางแหล่งท่องเที่ยวภูฝอยลมจังหวัดอุดรธานี บนโทรศัพท์มือถือขึ้นเพื่อเป็นการแนะนำและเผยแพร่ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวข้องกับแหล่งท่องเที่ยวจังหวัดอุดรธานีให้เป็นที่รู้จัก กันอย่างแพรหลายมากขึ้น โดยผ่านทางแอปพลิเคชันนำทางและโทรศัพท์มือถือดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

2. วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันและประยุกต์ใช้ข้อมูลทางด้าน GIS สนับสนุนการประชาสัมพันธ์สถานที่ท่องเที่ยวและการช่วยเหลือนักท่องเที่ยวเบื้องต้นในกรณีหลงป่าในเขตพื้นที่ศึกษาป่าสงวนแห่งชาติ ป่าพันดอนและป่าปะโค จังหวัดอุดรธานี

3. วิธีการวิจัย

3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย

- ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมของ Google map
- ข้อมูลตำแหน่งและรายละเอียดสถานที่สำคัญซึ่งได้จากการสำรวจภาคสนามด้วยเครื่อง GPS ประกอบด้วย ลานจอดรถ สำนักงาน และสถานที่ท่องเที่ยวต่างๆ ในวนอุทยาน
- ข้อมูลรายละเอียดเส้นทางเดินป่า/จุดท่องเที่ยวภายในวนอุทยานซึ่งได้จากการสำรวจภาคสนามและการสอบถามเจ้าหน้าที่ประจำวนอุทยานและรายละเอียดเพิ่มเติมจากเว็บไซต์ของทางกรมอุทยานแห่งชาติ
- ข้อมูลตำแหน่งและรายละเอียดบ้านพักรีสอร์ท ปั้มน้ำมัน ร้านอาหาร และตู้ ATM โดยรอบวนอุทยานซึ่งได้จากการสำรวจภาคสนามการสอบถามข้อมูลจากเจ้าของรีสอร์ท และค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมจากเว็บไซต์
- ข้อมูลพิกัดสถานที่ปั้มน้ำมันและตู้ ATM บริเวณใกล้เคียงวนอุทยานซึ่งได้จากการสำรวจภาคสนามและการสอบถามเจ้าหน้าที่ประจำวนอุทยาน
- เส้นทางการท่องเที่ยวภายในวนอุทยานซึ่งได้จากการสำรวจภาคสนามและการสอบถามเจ้าหน้าที่ประจำวนอุทยานและรายละเอียดเพิ่มเติมจากเว็บไซต์ของทางกรมอุทยานแห่งชาติ

รายละเอียดและแหล่งที่มาของข้อมูลสรุปไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงฐานข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ประเภทข้อมูล	รายละเอียดข้อมูล		แหล่งที่มา
	เชิงพื้นที่	เชิงบรรยาย	
ภาพถ่ายดาวเทียม	-	-	Google Map
พิกัดสถานที่และรายละเอียด	ตำแหน่งอ้างอิงพิกัดภูมิศาสตร์	พิกัดภูมิศาสตร์ ชื่อสถานที่ภาษาไทย	จากการสำรวจภาคสนาม ระบุพิกัดด้วยเครื่อง GPS รายละเอียดเพิ่มเติมได้จากเว็บไซต์
พิกัดสถานที่ปั้มน้ำมันและตู้ ATM	ตำแหน่งอ้างอิงพิกัดภูมิศาสตร์	พิกัดภูมิศาสตร์ ชื่อสถานที่ภาษาไทยชื่อสถานที่ภาษาอังกฤษ (ถ้ามี)	จากการสำรวจภาคสนาม ระบุพิกัดด้วยเครื่อง GPS รายละเอียดเพิ่มเติมได้จากเว็บไซต์
เส้นทางการท่องเที่ยว	เส้นทางถนน	ชื่อถนน	Google Map
เส้นทางการเดินป่า	เส้นทางเดินเท้า	-	จากการสำรวจภาคสนาม

3.2 ขอบเขตและข้อจำกัดระบบของการวิจัย

การวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยวบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยเพิ่มรายละเอียดข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวในวนอุทยานและรายละเอียดข้อมูลบ้านพักรีสอร์ท เพื่อความสะดวกในการค้นหาสถานที่และเส้นทางตามความต้องการ

3.2.1 อุปกรณ์สมาร์ตโฟน

แอปพลิเคชันที่พัฒนาสามารถทำงานและแสดงผลกับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์บนสมาร์ตและแท็บเล็ตที่รองรับระบบปฏิบัติการ Android 4.0 ขึ้นไป จอแสดงผลแบบสัมผัส รองรับระบบ EDGE/3G และมีระบบ GPS ในตัวพร้อมฟังก์ชัน Assisted GPS (A-GPS) โดยสามารถอธิบาย รายละเอียดฟังก์ชันและขอบเขตการทำงานได้ดังนี้

1. ฟังก์ชันการแสดงแผนที่ของ Google Map บนอุปกรณ์สมาร์ตโฟน แผนที่จะแสดงประเภทเดียว คือ Normal Map พร้อมรายละเอียดขอบเขตสถานที่ต่างๆ ในวนอุทยาน

2. ฟังก์ชันการระบุตำแหน่งและค้นหาตำแหน่ง สามารถรับค่าตำแหน่งปัจจุบันของอุปกรณ์ การระบุตำแหน่งจากระบบค้นหาสถานที่แล้วแสดงแผนที่ในตำแหน่งระบุ

3. ฟังก์ชันการนำทาง สามารถระบุตำแหน่งเริ่มต้นจากตำแหน่งปัจจุบันของเครื่องสมาร์ตโฟน ระบุตำแหน่งจากระบบค้นหา ซึ่งจะระบุเส้นทางที่สั้นที่สุด เป็นการค้นหาเส้นทางสำหรับข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยใช้ Google Direction API เป็นตัววาดเส้นทาง

3.2.2 เครื่องคอมพิวเตอร์ขั้นต่ำในพัฒนาแอปพลิเคชัน

Processor : Intel Core I7

Memory : 16 GB DDR3

Hard Driver : 1 TB

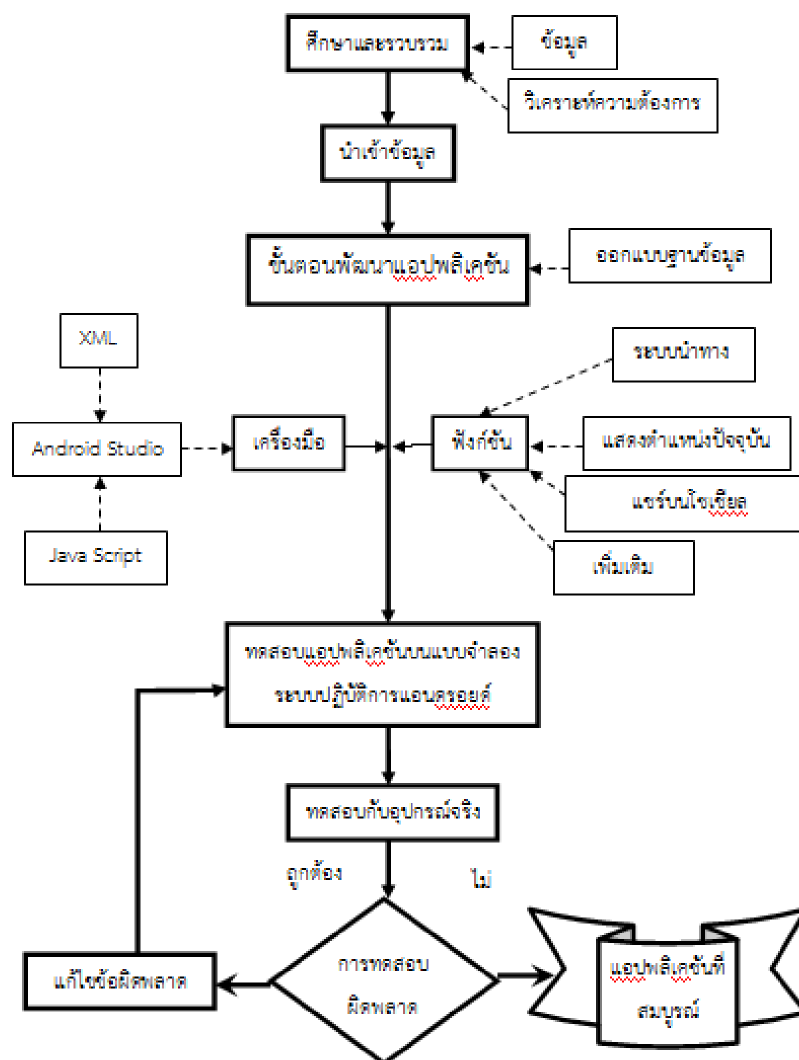
VGA : PCI 2.0 Nvidia

3.2.3 ข้อจำกัดของระบบ

1. บางฟังก์ชันที่ไม่ได้เชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตจะไม่สามารถใช้งานได้
2. ไม่สามารถเพิ่มสถานที่ได้ เพราะฐานข้อมูลได้ถูกจัดเก็บอยู่ในแอปพลิเคชัน
3. การทดสอบยังไม่ครอบคลุมสมาร์ตโฟนทุกรุ่น เมื่อนำไปใช้งานจริงอาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดในบางฟังก์ชัน หรือทำให้หน้าตาของแอปพลิเคชันผิดเพี้ยนได้
4. การระบุพิกัดอาจมีความคลาดเคลื่อน ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ และสถานที่ปัจจุบันที่ผู้ใช้อยู่

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้ข้อมูลภูมิสารสนเทศสำหรับช่วยเหลือนักท่องเที่ยวเบื้องต้นทั้งในกรณีการหลงป่า การระบุหาตำแหน่งสถานที่ท่องเที่ยวที่น่าสนใจ และการค้นหาเส้นทางการเดินทางไปยังสถานที่ต่างๆ ภายในเขตพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติป่าพันดอนและป่าปะโค ผ่านสมาร์ตโฟนและแท็บเล็ต. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยแสดงไว้ดังรูปที่ 1



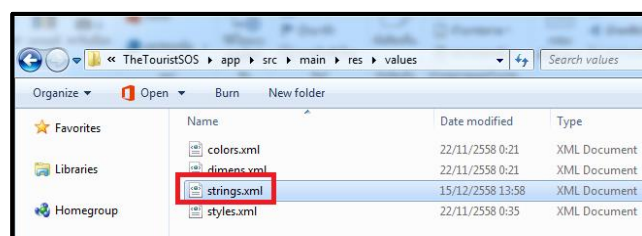
รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.4 การออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชัน

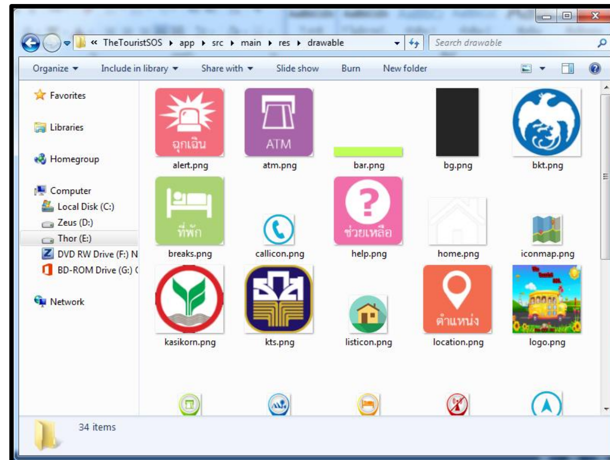
ขั้นตอนในการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันจะแบ่งออกเป็น 6 ส่วนได้แก่

3.4.1 ส่วนออกแบบระบบฐานข้อมูล

จากรูปแบบฐานข้อมูลทั้งหมดที่ออกแบบไว้ จึงนำมาสร้างฐานข้อมูลแบบออฟไลน์ เป็นข้อมูลแบบข้อความ (String) และรูปภาพซึ่งจะถูกเก็บในแอปพลิเคชัน แสดงตัวอย่างรูปที่ 2 และ 3



รูปที่ 2 แสดงข้อมูลประเภทข้อความที่ถูกจัดเก็บในไฟล์ของระบบ



รูปที่ 3 แสดงข้อมูลประเภทรูปภาพที่ถูกจัดเก็บในระบบ

ข้อมูลแบบข้อความถูกจัดเก็บแบบอาร์เรย์ เช่น ชื่อสถานที่ รายละเอียดสถานที่ เบอร์โทรศัพท์ พิกัดสถานที่ เป็นต้น โดยการเก็บข้อมูลแบบนี้ สามารถแก้ไขได้ง่าย เนื่องจากไม่ได้ไปแก้ไขโค้ดของระบบ ตัวอย่างการเก็บข้อมูลแสดงดังรูปที่ 4 สำหรับการดึงข้อมูลไปใช้แสดงตัวอย่างรูปที่ 5

```
        <item>17.160966,102.694089</item>
        <item>17.161243,102.694386</item>
        <item>17.161502,102.694453</item>
        <item>17.161898,102.694434</item>
        <item>17.156715,102.734592</item>
        <item>17.150863,102.692170</item>
        <item>17.101405,102.692446</item>

    </string-array>

    <string-array name="listPlace">
        <item>สวนดอกไม้</item>
        <item>ลานจอดรถ</item>
        <item>ร้านค้าสวัสดิการ(ติดต่อบ้านพัก)</item>
        <item>ห้องน้ำ</item>
        <item>สำนักงานค่ายเยาวชนพิทักษ์ไพร</item>
        <item>ศาลาสายใยแห่งธรรม</item>
        <item>ศาลาพักผ่อน</item>
        <item>จุดชมวิวเมืองอุดร</item>
        <item>ร้านค้าและห้องน้ำ</item>
        <item>ทางเข้าพิพิธภัณฑ์ไดโนเสาร์</item>
        <item>พิพิธภัณฑ์ไดโนเสาร์</item>
```

รูปที่ 4 แสดงการจัดเก็บข้อมูลประเภทข้อความ

```
        View v = inflater.inflate(R.layout.fragment_atm, container,
false);
   //เป็นการสร้าง List โดยไปดึงข้อมูลหน้าตา List จากไฟล์ (child_layout);
        String[] dataArray = getResources().getStringArray
(R.array.atm_list);//ไปโหลด String จากไฟล์ strings.xml ในโฟลเอร์ values
        int[] images = {R.drawable.kasikorn,
R.drawable.bkt,R.drawable.bkt,R.drawable.kts,R.drawable.omsin};
        String[] locate = getResources().getStringArray
(R.array.atm_locate);
        ListView listView = (ListView) v.findViewById
(R.id.atm_listview); //สร้าง instance ให้ listview
        AtmAdepter adapter = new AtmAdepter(v.getContext(),
dataArray,images, locate, getActivity());//เซทไอเทมให้มันสะ (การเซทอยู่ในไฟล์
ListAdepter)
        listView.setAdapter(adapter);//เริ่มเซทเลย

        btMap = (ImageView) v.findViewById(R.id.Map);
        btMap.setOnClickListener(new View.OnClickListener()
```

รูปที่ 5 แสดงการดึงข้อมูลจากระบบมาใช้งาน

3.4.2 ส่วนออกแบบหน้าตาแอปพลิเคชัน (Application Layout)

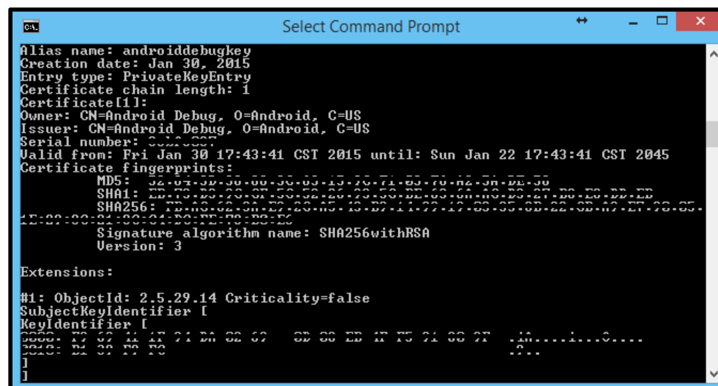
แอปพลิเคชันที่น่าใช้งานย่อมเกิดจากการออกแบบหน้าตาแอปพลิเคชันให้ใช้งานง่ายสะดวกและไม่ยุ่งยากซับซ้อนถึงแม้จะเป็นที่ไม่คุ้นเคยกับอุปกรณ์ก็ตามสามารถ ใช้งานหรือรันบนอุปกรณ์ที่มีระบบปฏิบัติการ Android 4.0 ขึ้นไปไม่ว่าจะเป็นสมาร์ตโฟนหรือแท็บเล็ตก็สามารถใช้งานได้เช่นกันตัวอย่างหน้าตาแอปพลิเคชันแสดงตัวอย่างรูปที่ 6



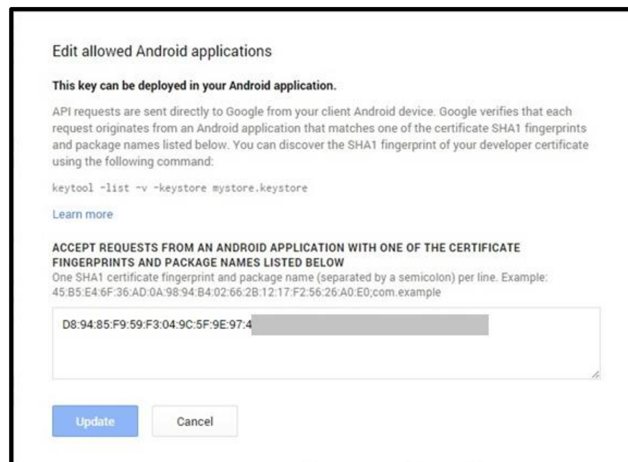
รูปที่ 6 แสดงการออกแบบหน้าตาแอปพลิเคชัน

3.4.3 ส่วนแผนที่ (Base Map)

คือแผนที่ที่แสดงพื้นหลังสำหรับการทำงานต่างๆ ซึ่งทำการดึงข้อมูลมาจากฐานข้อมูลของ Google Map ด้วยวิธีการขอ API Key จาก Google เพื่อนำมาใส่ในแอปพลิเคชัน ก่อนจะทำการขอ API Key จาก Google ได้นั้น ต้องมี Fingerprint โดยสามารถดูได้จาก debug.keystore ที่โปรแกรมสร้างขึ้นอัตโนมัติ เพื่อนำไปขอ API ดังรูปที่ 7 และ API Key ก็คือตัวรหัสสำหรับการเข้าใช้งานแผนที่ของ Google หากไม่มี Google Map API ก็ไม่สามารถดึงแผนที่จาก Google มาใช้งานได้ ขั้นตอนการขอ Google API แสดงตัวอย่างรูปที่ 8



รูปที่ 7 แสดงวิธีการค้นหา Fingerprint จาก debug.keystore



รูปที่ 8 แสดงการใช้ Fingerprint ในการขอ Google Map Android API

จากรูปที่ 8 จะมีการใช้ค่า Fingerprint; ตามด้วย package names ของแอปพลิเคชัน เช่น D8:94:85:F9:59:F3:04:9c:5F:9E:97:4x:xx:xx:xx:xx:xx:xx;com.bagidea.thetouristsos

3.4.4 ส่วนค้นหาตำแหน่ง (Find Location)

สร้างคำสั่งในการค้นหาตำแหน่งปัจจุบันของอุปกรณ์และกำหนด Zoom in ระดับ 15 และเพิ่มหมุด (Marker) ลงบนแผนที่ตามพิกัดตำแหน่งที่เก็บข้อมูลและแสดงชื่อสถานที่แสดงตัวอย่างรูปที่ 9

```
//---------------------------------------------------
        mMap.setMyLocationEnabled(true); //ปุ่มตำแหน่งปัจจุบัน
        mMap.addMarker(new MarkerOptions().position(
                new LatLng(16.9305984, 101.0509512))
                .title("น้ำตกหมันแดง"));

        mMap.addMarker(new MarkerOptions().position(
                new LatLng(16.985269, 101.076073)) //
                .title("ภูลมโล"));

        mMap.addMarker(new MarkerOptions().position(
                new LatLng(16.992195, 101.011942)) //
                .title("โรงเรียนการเมืองการทหาร"));

        mMap.addMarker(new MarkerOptions().position(
                new LatLng(16.9919297, 101.0121728))
                .title("กังหันน้ำ"));
```

รูปที่ 9 แสดงคำสั่งในการเพิ่ม Marker ลงบนแผนที่

3.4.5 ส่วนระบบนำทาง (Navigation)

คำสั่งในการติดต่อกับระบบ Google Map Direction ดังตัวอย่างในรูปที่ 10 โดยมีลักษณะการติดต่อในรูปแบบของ URL ค่า parameter ที่กำหนดส่งไปยังระบบ Google Map Direction นั้นประกอบด้วยค่าพิกัดต้นทางซึ่งใช้พิกัดตำแหน่งปัจจุบันของอุปกรณ์พิกัดปลายทางซึ่งมาจากการคลิกตำแหน่งหมุดบนแผนที่ระบบ Google Map Direction จะทำการส่งค่ากลับมาในรูปแบบ XML แสดงตัวอย่างรูปที่ 11

```
                    GoogleDirection.withServerKey(serverKey).from(loc).to
(destination).transportMode(
                            TransportMode.WALKING).execute(new DirectionCallback()
                    {
                        @Override
                        public void onDirectionSuccess(Direction direction)
                        {
                            String status = direction.getStatus();
                            if (status.equals(RequestResult.OK))
                            {
                                Route route = direction.getRouteList().get(0);
                                Leg leg = route.getLegList().get(0);

                                ArrayList<LatLng> directionPositionList = leg.getDirectionPoint();
                                PolylineOptions polylineOptions = DirectionConverter.createPolyline
(c,
directionPositionList,
5,
Color.RED);
                                mMap.addPolyline(polylineOptions);
                            }
                        }
```

รูปที่ 10 แสดงตัวอย่างคำสั่งในการติดต่อกับระบบ GoogleDirection

```
▼<DirectionsResponse>
    <status>OK</status>
  ▼<route>
      <summary>อดุลยาราม</summary>
    ▼<leg>
      ▼<step>
          <travel_mode>DRIVING</travel_mode>
        ▼<start_location>
            <lat>16.4591338</lat>
            <lng>102.8301552</lng>
          </start_location>
        ▼<end_location>
            <lat>16.4590509</lat>
            <lng>102.8297213</lng>
          </end_location>
        ▼<polyline>
            <points>qtmcBo_srRNvA</points>
          </polyline>
        ▼<duration>
            <value>6</value>
            <text>1 นาที</text>
          </duration>
```

รูปที่ 11 แสดงค่าที่ถูกส่งกลับมาจากระบบ GoogleDirection ในรูปแบบ XML

3.4.6 ส่วนแสดงผล (Display)

ส่วนของการแสดงผลการทำงานคือหน้าจอหลักของแอปพลิเคชันที่จะแสดงผลการทำงานของคำสั่งหรือฟังก์ชันทั้งหมดด้วยภาษา XML ซึ่งได้สร้างส่วนแสดงผลตามรูปแบบที่ได้มีการออกแบบหน้าตาแอปพลิเคชันไว้ดังรูปที่ 6 ตัวอย่างการเขียนคำสั่งออกแบบการแสดงผลการทำงานแสดงตัวอย่างรูปที่ 12

```
<!-- ส่วนนี้เป็นการสร้าง Layout ของ ปุ่ม โฮม-->
  <RelativeLayout
      android:layout_width="match_parent"
      android:layout_height="match_parent">

      <ImageView
          android:id="@+id/HomeBar"
          android:layout_width="match_parent"
          android:layout_height="65dp"
          android:background="#95d81f"
          android:scaleType="fitXY"
          android:layout_alignParentBottom="true"/>

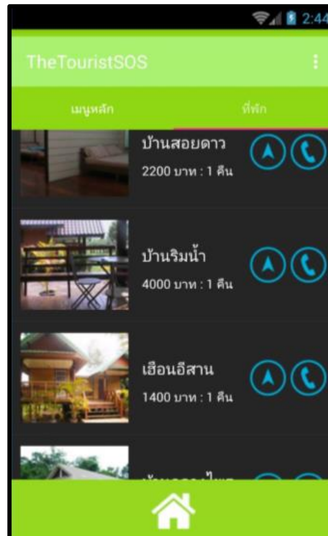
      <ImageView
          android:id="@+id/btHome"
          android:layout_width="match_parent"
          android:layout_height="40dp"
          android:layout_marginBottom="10dp"
          android:layout_alignParentBottom="true"
          android:src="@drawable/home"/>
```

รูปที่ 12 แสดงตัวอย่างคำสั่งการสร้างปุ่มโฮม

4. ผลการวิจัย

4.1 การแสดงข้อมูล

จากรูปแบบฐานข้อมูลทั้งหมดที่ออกแบบไว้ เป็นข้อมูลแบบข้อความและรูปภาพซึ่งจะถูกเก็บในแอปพลิเคชัน โดยข้อมูลแบบข้อความที่ถูกจัดเก็บแบบอาร์เรย์ จะแสดงบนหน้าแอปพลิเคชัน เช่น ชื่อสถานที่ รายละเอียดสถานที่ เบอร์โทรศัพท์ พิกัดสถานที่ เป็นต้น แสดงตัวอย่างรูปที่ 13



รูปที่ 13 การแสดงข้อมูลในรูปแบบข้อความและรูปภาพ

4.2 การแสดงเครื่องมือและส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (Application User Interface)

ส่วนการออกแบบแอปพลิเคชัน และฟังก์ชันการทำงานของปุ่มต่างๆ เพื่อติดต่อกับผู้ใช้งาน แถบ Title bar ของแอปพลิเคชัน ใช้แสดงชื่อและไอคอนของแอปพลิเคชัน หน้าแรกของแอปพลิเคชันจะแสดงเมนูให้เลือกใช้ 6 เมนู ดังนี้

1. เมนูตำแหน่ง แสดงตำแหน่งปัจจุบันบนแผนที่ เมื่อผู้ใช้งานกดปุ่มเมนูตำแหน่ง แอปพลิเคชันจะแสดงตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้งาน เพื่อให้ผู้ใช้งานทราบว่าอยู่ส่วนไหนของสถานที่

2. เมนูสถานที่ แสดงตำแหน่งสถานที่ท่องเที่ยวทั้งหมด เมื่อผู้ใช้งานกดปุ่มสถานที่ แอปพลิเคชันจะแสดงรายชื่อสถานที่ท่องเที่ยว จุดบริการนักท่องเที่ยว ห้องประชุม ห้องน้ำสาธารณะ ร้านอาหาร ปั้มน้ำมัน รวมไปถึงลานจอดรถทั้งหมดภายในบริเวณป่าสงวนแห่งชาติป่าพันดอนและป่าปะโค และบริเวณโดยรอบรัศมี 10 กิโลเมตร

3. เมนูที่พัก แสดงตำแหน่งที่พักทั้งหมด เมื่อผู้ใช้งานกดปุ่มเมนูที่พัก แอปพลิเคชันจะแสดงรายชื่อและรายละเอียดที่พักทั้งหมดภายในวนอุทยานภูฝอยลม

4. เมนู ATM แสดงตำแหน่งตู้กดเงิน เมื่อผู้ใช้งานกดปุ่มเมนู ATM แอปพลิเคชันจะแสดงรายชื่อธนาคารตู้กดเงินทั้งหมดภายในบริเวณป่าสงวนแห่งชาติป่าพันดอนและป่าปะโคและบริเวณโดยรอบ

5. เมนูหลงป่า แสดงแผนที่และนำทางไปยังจุดที่ปลอดภัย (กรณีหลงป่า) เมื่อผู้ใช้งานกดปุ่มเมนูช่วยเหลือในกรณีจำเป็น เช่น กรณีที่ผู้ใช้งานคิดว่าได้เดินออกนอกเส้นทางหรือหลงป่า เป็นต้น โดยแอปพลิเคชันจะแสดงแผนที่ขอบเขตป่าสงวนแห่งชาติป่าพันดอนและป่าปะโค เพื่อให้ผู้ใช้สามารถทราบพื้นที่โดยรวม และสถานที่ปลอดภัย เช่น หมู่บ้านใกล้เคียง สถานีอนามัย สถานีตำรวจ เพื่อช่วยในการตัดสินใจและการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นได้

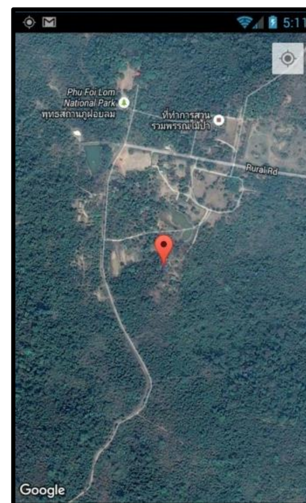
6. เมนูช่วยเหลือ แสดงหน้าต่างการติดต่อเจ้าหน้าที่ พร้อมปุ่มส่งข้อความและโทรออก (กรณีหลงป่า) โดยแอปพลิเคชันจะส่งข้อความยังเจ้าหน้าที่ ซึ่งข้อความประกอบไปด้วย พิกัดตำแหน่งปัจจุบันที่ผู้ใช้งานอยู่เพื่อการช่วยเหลือที่ความปลอดภัยและรวดเร็ว ทันเวลา หรือหากไม่ต้องการส่งข้อความไปยังเจ้าหน้าที่ ผู้ใช้งานสามารถเลือกการโทรออกฉุกเฉินเพื่อต่อสายไปยังเจ้าหน้าที่เพื่อจะพูดคุยและอธิบายรายละเอียดได้ โดยสามารถโทรได้เฉพาะอุปกรณ์ที่รองรับการโทรเท่านั้น โดยส่วนการออกแบบหน้าตาแอปพลิเคชัน และฟังก์ชันการทำงานของปุ่มต่างๆ ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 แสดงการออกแบบหน้าตาแอปพลิเคชัน

4.3 การแสดงแผนที่ฐาน (Base Map)

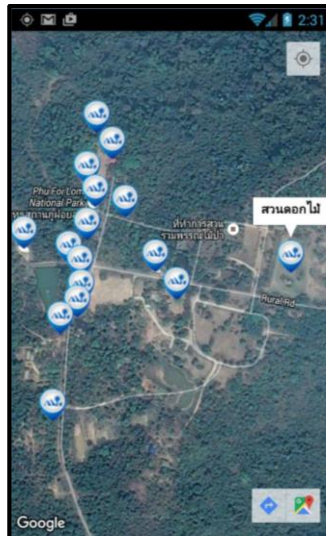
กำหนดการเลือกประเภทแผนที่ไว้ในคำสั่งเพียงประเภทเดียว คือ Hybrid หรือแผนที่โหมดผสม ดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 แสดงแผนที่รูปแบบ Hybrid หรือแผนที่โหมดผสม

4.4 การแสดงผลการค้นหาตำแหน่ง (Find Location)

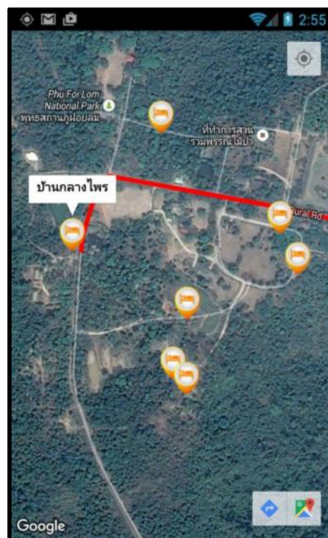
เพื่อให้ทราบถึงลำดับการเข้าถึงสถานที่ได้ชัดเจน เมื่อเลือกที่เมนูหลักจะแสดงตำแหน่งสถานที่ คลิกที่หมุดจะเรียกฐานข้อมูลและดึงรายละเอียดมาแสดงบน Popup Dialo ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 16



รูปที่ 16 แสดงแผนที่ปักหมุดตำแหน่งสถานที่ท่องเที่ยว

4.5 การแสดงผลการนำทาง (Navigation)

แอปพลิเคชันรับค่าพิกัดและเรียกใช้เมธอดค้นหาตำแหน่งปัจจุบันเพื่อส่งไปยังระบบ Google Map Direction ระบบจะส่งค่ามาสร้างระบบนำทางโดยแสดงเส้นทางที่ใกล้ที่สุดไปยังเป้าหมาย ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 17



รูปที่ 17 แสดงผลการทำงานของการนำทางจากตำแหน่งปัจจุบันไปยังปลายทาง

5. วิจารณ์ผลและสรุปผล

จากการศึกษาครั้งนี้ งานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยวในเขตพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ ป่าพันดอนและป่าปะโค จังหวัดอุดรธานี เพื่อสามารถช่วยเหลือให้คำแนะนำและเป็นความรู้แก่ผู้ใช้ที่ไม่ทราบเส้นทางหรือสถานที่ท่องเที่ยวต่างๆ ในวนอุทยานแห่งชาติภูฝอยลม และผู้วิจัยได้พัฒนาและออกแบบหน้าตาแอปพลิเคชัน รวมไปถึงฟังก์ชันและระบบต่างๆ ให้ง่ายต่อการใช้งานกับผู้ใช้ที่ไม่เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยี นอกจากนี้ ระบบนี้ยังมีเบอร์โทรฉุกเฉินเพื่อให้นักท่องเที่ยวสะดวกต่อการติดต่อกับเจ้าหน้าที่ในเขตวนอุทยานแห่งชาติฯ ได้ อีก

ทั้งข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลมาแล้วนั้นยังสามารถเก็บข้อมูลไว้เป็นฐานข้อมูลเพื่อเป็นประโยชน์ให้กับเจ้าหน้าที่ในเขตวนอุทยานแห่งชาติฯ ได้อีกด้วย

แอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยวในเขตพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ ป่าพันดอนและป่าปะโค จังหวัดอุดรธานี เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์กับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์คือระบบค้นหาตำแหน่งบนพื้นโลกหรือ Global Positioning System เรียกสั้นๆว่า GPS ประยุกต์ใช้โดยนำมาแสดงผลบนอุปกรณ์ที่มีระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ในขั้นตอนการเก็บพิกัดของข้อมูลต่างๆและขั้นตอนการเตรียมข้อมูลเป็นขั้นตอนที่ใช้เวลาในการทำงานค่อนข้างมากเพราะข้อมูลที่ได้จากเครื่องเก็บพิกัด GPS นั้นมีความคลาดเคลื่อนเป็นส่วนใหญ่จึงต้องมีการปรับแก้พิกัดของข้อมูลส่วนขั้นตอนการพัฒนาระบบนั้นเป็นขั้นตอนที่ใช้ความรู้และทักษะในด้านการเขียนโปรแกรมซึ่งแอปพลิเคชันนี้ใช้ภาษา Java ในการพัฒนาเป็นส่วนใหญ่และจะมีภาษา XML เข้ามาใช้เป็นบางส่วนจากการเตรียมข้อมูลและนำมาพัฒนาบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ทำให้สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

พิกัดตำแหน่งของสถานที่และรายละเอียดถูกนำมาจัดเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูล SQLite ซึ่งเป็นฐานข้อมูลบนตัวแอปพลิเคชันเมื่อเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลออนไลน์แล้วฐานข้อมูล SQLite ไม่ต้องพึ่งการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตและทำงานได้เร็วกว่าฐานข้อมูลออนไลน์มากการทำงานร่วมกับระบบ Google Map Direction นั้นมีความถูกต้องค่อนข้างมากถึงแม้จะทำงานได้ช้าไปบ้างก็เพราะเป็นระบบออนไลน์ซึ่งระบบ Google Map Direction เป็นส่วนหนึ่งของระบบนำทางบนแอปพลิเคชันส่วนแผนที่ฐานที่นำมาใช้งานมีรายละเอียดค่อนข้างที่จะเป็นปัจจุบันเมื่อเปรียบเทียบกับแผนที่ฐานจากผู้ผลิตรายอื่นแผนที่ฐานของ Google Map อัพเดทล่าสุดในปี 2015 แต่ยังทำการอัพเดทไม่หมดทั้งโลกในส่วนของพื้นที่ในบริเวณวนอุทยานแห่งชาติภูฝอยลมน่าจะอัพเดทล่าสุดในปี 2014 แต่ก็ถือว่าสามารถนำมาใช้งานได้ส่วนข้อมูลเพิ่มเติมของสถานที่จะแสดงในส่วนของข้อมูลที่จะเป็นในการติดต่อเช่นเบอร์โทรศัพท์เว็บไซต์และพิกัดของสถานที่หากต้องการให้แสดงข้อมูลอื่นๆเช่นข้อมูลเชิงพื้นที่ก็สามารถเพิ่มเข้าไปในฐานข้อมูลได้เช่นกันการทำงานของระบบนำทางจะแสดงเส้นทางเฉพาะผู้ที่ต้องการจะทราบเส้นทางไปยังที่ต่างๆ รวมไปถึงระยะเวลาในการเดินทาง ซึ่งระบบนำทางจะมีการบอกระยะทางเวลาที่ใช้ในการเดินทางและสถานที่ปลายทางให้ผู้ใช้ทราบทุกครั้งเมื่อผู้ใช้จิ้มที่หน้าจอแผนที่ในโหมดนำทางและที่สำคัญระบบนำทางต้องใช้การเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตตลอดเวลา

การใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์หรือระบบปฏิบัติการอื่นๆเพื่ออำนวยความสะดวกอีกทั้งยังช่วยประหยัดเวลา มีการวางแผนเส้นทางและลดการหลงทางของผู้ใช้งานได้อีกด้วย

6. ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาที่ได้รับ มีข้อเสนอแนะในการทำการวิจัยในครั้งนี้ดังต่อไปนี้

1. ในการเก็บพิกัดข้อมูลสถานที่หรือเส้นทางจากเครื่อง GPS แบบพกพา อาจมีความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งเกิดขึ้นได้ จึงควรทำการปรับแก้พิกัดก่อนจะนำไปใช้งาน

2. ในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ผู้พัฒนาควรศึกษาเรียนรู้เกี่ยวกับภาษาต่างๆที่ใช้ในการพัฒนาให้เชี่ยวชาญเช่นภาษา Java XML JSON หรือแม้กระทั่งภาษา SQL

3. ในการทดสอบการทำงานควรใช้อุปกรณ์จริงเพื่อจะได้เห็นความผิดพลาดและได้ทราบว่าผิดพลาดเพราะอะไรเพราะการทำงานบนการจำลองไม่สามารถบอกได้ว่าผิดพลาดเพราะอะไรเหมือนอุปกรณ์จริง

4. ควรออกแบบหน้าตาและฟังก์ชันการทำงานให้ง่ายต่อการใช้งานยิ่งขึ้นเพื่อให้ง่ายกับผู้ใช้ทุกเพศทุกวัยไม่ยุ่งยากซับซ้อนแต่มีประสิทธิภาพ

5. ควรพัฒนาให้ใช้งานระบบฐานข้อมูลแบบออนไลน์เพื่อความสะดวกและง่ายต่อการอัพเดทฐานข้อมูลต่างๆ โดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องอัพเดทตัวแอปพลิเคชัน แต่ให้อัพเดทเฉพาะฐานข้อมูล

6. ในการพัฒนาควรจะพัฒนาขอบเขตของวนอุทยานแห่งชาติน้ำตกธารงามและน้ำตกคอยนางเข้าไปด้วยเนื่องจากเป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่ติดกับเขตพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ ป่าพันดอนและป่าปะโค

7. ในการพัฒนาระบบในอนาคตควรนำระบบฐานข้อมูลแบบออฟไลน์เข้าไปด้วยเนื่องจากบริเวณต่างๆของสถานที่ท่องเที่ยวนั้นสัญญาณโทรศัพท์อาจเข้าไม่ถึงทำให้ผู้ใช้ไม่สามารถใช้งานได้ตลอดเวลา

เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ ห่อหุ้ม และ ธัญลักษณ์ ณ รังสี. (2556). **แอปพลิเคชันบนมือถือเพื่อการท่องเที่ยวอุทยานแห่งชาติในประเทศไทย.** โครงงานทางวิทยาการคอมพิวเตอร์ หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.

กลวัชร คล้ายนาค, เทพฤทธิ์ สินธารงรักษ์ และ คงทัต ทองพูน. (ม.ป.ป.). โปรแกรมแนะนำเส้นทางการเดินและการปั่นจักรยานภายในคูเมืองเชียงใหม่โดยใช้ทิวทัศน์ในยุคล้านนาบนระบบแอนดรอยด์. โครงการวิจัย จากงบประมาณเงินรายได้วิทยาลัยศิลปะ สื่อ และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จิตรพัฒน์ อังสาชน. (2554). **มัคคุเทศก์เสมือนบนโทรศัพท์มือถือ.** โครงการแข่งขันพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 14 หลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.

จิตินนต์ อั่งสกุล และ ธรา อั่งสกุล. (2555). **การออกแบบและพัฒนาตัวแทนอัจฉริยะเพื่ออุตสาหกรรมการท่องเที่ยวไทย.** รายงานการวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ พ.ศ.2553-2555 สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ทีมงานไทยครีเอท. (2557). **ฐานข้อมูล SQLite**. ค้นเมื่อ 24 กันยายน 2558, จาก http://www.thaicreate.com/ mobile/android-sqlite-database.html

วรพล พงษ์เพ็ชร. (2013). แอปพลิเคชันช่วยตรวจสอบอาคารจอดรถและพื้นที่ว่างในอาคารจอดรถโดยใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอย์และแผนที่กูเกิ้ล. **วารสารวิชาการเวอร์ริเดียน, 5**, 492-507.

วิกิพีเดีย. (2558). **จีพีเอส.** ค้นเมื่อ 15 กันยายน 2558, จาก http://th.wikipedia.org/wiki/จีพีเอส

______. (2558). **เจซัน.** ค้นเมื่อ 15 กันยายน 2558, จาก http://th.wikipedia.org/wiki/เจซัน

______. (2558). **ภาษาจาวา.** ค้นเมื่อ 15 กันยายน 2558, จาก http://th.wikipedia.org/wiki/ภาษาจาวา

______. (2558). **เอกซ์เอ็มแอล**. ค้นเมื่อ 15 กันยายน 2558, จาก http://th.wikipedia.org/wiki/เอกซ์เอ็มแอล

______. (2558). **แอนดรอยด์ (ระบบปฏิบัติการ).** ค้นเมื่อ 15 กันยายน 25558, จาก http://th.wikipedia.org/ wiki/แอนดรอยด์_(ระบบปฏิบัติการ)

สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 10 จังหวัดอุดรธานี. (2558). **สถานที่ท่องเที่ยวด้านต่างๆ ในวนอุทยานภูฝอยลม.** ค้นเมื่อ 24 กันยายน 2558, จากhttp://www.touronthai.com/ภูฝอยลม-61000011.html

Bíl, M., Bílová, M. and Kubecek, J. (2012). Unified GIS database on cycle tourism infrastructure. Tourism Management, 33, 1554-1561

Dye, A.S. and Shaw, S.L. (2007). A GIS-based spatial decision support system for tourists of Great Smoky Mountains National Park. Department of Geography. Journal of Retailing and Consumer Services, 14, 269–278.

Taczanowska, K. et al. (2014). Evaluating the structure and use of hiking trails in recreational areas using a mixed GPS tracking and graph theory approach. Applied Geography, 55, 184-192.

Wolf, I.D., Hagenloh, G. and Croft, D.B. (2012). Visitor monitoring along roads and hiking trails: How to determine usage levels in tourist sites. Tourism Management, 33, 16-28.

การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้ภาพถ่ายแบบไฮเปอร์สเปกตรัม กรณีศึกษาตำบลป่าคลอก อำเภอถลาง จังหวัดภูเก็ต

Land use and Land Cover mapping by Hyperspectral Remote Sensing Techniques Case Study of Pa Klok, Thalang, Phuket

ชินวัชร เหรัญญะและ วีระพงศ์ เกิดสิน

Chinnawat Haranya and Werapong Koedsin

คณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต

โทรศัพท์: +66-88-237-4003, +66-80-329-7155E-mail: h.chinnawat@gmail.com, goedsin@gmail.com

บทคัดย่อ

การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยการใช้วิธีการจำแนกแบบกำกับดูแลในพื้นที่เขตร้อนชื้นนั้นนับว่าเป็นวิธีการที่น่าสนใจและยังไม่สามารถที่จะระบุถึงวิธีการที่เหมาะสมในการจำแนกได้ ดังนั้นในการศึกษานี้ได้แสดงถึงความสามารถของการใช้เทคนิคการสำรวจระยะไกลโดยใช้ภาพถ่ายแบบไฮเปอร์สเปกตรัม (EO-1 Hyperion) ด้วยเทคนิคการคัดเลือกช่วงคลื่นแบบ SFS มาใช้จำแนกข้อมูลพืชเขตร้อนชื้นและสิ่งปกคลุมดินชนิดอื่นๆ โดยผลการศึกษาพบว่า การใช้เทคนิคการสำรวจระยะไกลโดยใช้ภาพถ่ายแบบไฮเปอร์สเปกตรัม สามารถเพิ่มความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจาก 85.69% เป็น 90.41% เมื่อเปรียบเทียบกับการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินวิธีการจำแนกแบบกำกับดูแลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8

คำสำคัญ: การสำรวจระยะไกล, การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน, ไฮเปอร์สเปกตรัม

ABSTRACT

Land use and land cover mapping with the supervised classification approach of the tropical areas are interested, however, the most suitable technique is not agreed upon yet. This study demonstrates the capability of the hyperspectral remote sensing data (i.e., EO-1 Hyperion) with the Sequential Forward Selection (SFS) technique for classification diversely populated tropical vegetation and other land cover types. This study showed that the hyperspectral remote sensing technique helped to improve the overall accuracy from 85.69% to 90.41% when compared to the supervised Landsat-8 multispectral imagery.

KEY WORDS:Remote Sensing, LULC classification, Hyperspectral

1. บทนำ

แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเป็นข้อมูลที่มีสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการวางแผน วิเคราะห์ และพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ในอนาคต จังหวัดภูเก็ตเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีการการขยายตัวของเมืองและจำนวนประชากรรวมทั้งนักท่องเที่ยวที่เพิ่มขึ้น ซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะมีการปรับปรุง (Update) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและส่งปกคลุมดินให้มีความเป็นปัจจุบัน เพื่อให้สามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ในการบริหารจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามการปรับปรุงข้อมูลบ่อยๆ นั้นทำให้มีข้อจำกัดในการสำรวจภาคสนามและการตีความภาพด้วยสายตาเนื่องจากต้องอาศัยกำลังคนรวมทั้งประสบการณ์และเวลาในการทำการทำงานที่ค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตามปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีและเทคนิคต่างๆ ที่เกี่ยวกับการใช้ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรมาช่วยในการเก็บข้อมูลพื้นผิวโลก ทำให้สามารถสร้างแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินได้อย่างรวดเร็ว โดยนิยมนำภาพถ่ายแบบมัลติสเปกตรัม(Multispectral Image) มาใช้ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและ

สิ่งปกคลุมดินดังตัวอย่างงานวิจัยของ Fan(2007) ที่นำภาพถ่าย Landsat TM /ETM+มาติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเมืองกว่างโจว ประเทศจีน ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1998 จนถึงปี ค.ศ. 2003ในขณะที่Zhanget al. (2011) นำภาพถ่าย Landsat TM /ETM+ มาติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินตามนโยบายการวางผังเมืองของเมืองเซี่ยงไฮ้ ประเทศจีน ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1979 จนถึงปี ค.ศ. 2008ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของTuner et al. (2015)ที่นำภาพถ่าย Landsat TM /ETM+มาใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน บริเวณทางตอนเหนือของประเทศเวียดนาม ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1999 จนถึงปี ค.ศ. 2009 อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของสมพร (2551) ที่ใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ที่บันทึกในปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 มาตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินอำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมาซึ่งวิธีดังกล่าวเป็นวิธีการที่สามารถให้ค่าความถูกต้องของการจำแนกที่ค่อนข้างสูงอย่างไรก็ตามอาจมีข้อจำกัดในกรณีที่ต้องการจำแนกสิ่งปกคลุมดินหลายๆชนิดออกจากกัน โดยเฉพาะพื้นที่ในเขตร้อนชื้นซึ่งมีพืชหลายๆชนิดกระจายทั่วพื้นที่ เมื่อไม่นานมานี้มีเทคโนโลยีภาพถ่ายแบบไฮเปอร์สเปกตรัม (Hyperspectral Image) ซึ่งเป็นภาพถ่ายที่มีความละเอียดเชิงคลื่นสูง กล่าวคือ มีจำนวนช่วงคลื่นหลายๆช่วงคลื่น (มากกกว่า 100 ช่วงคลื่น) (Jensen, 2009) เมื่อเทียบกับภาพถ่ายแบบมัลติสเปกตรัม ซึ่งจำนวนช่วงคลื่นที่เพิ่มขึ้นมาอาจช่วยให้สามารถจำแนกสิ่งปกคลุมดินที่มีค่าการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกันได้โดยมีหลายงานวิจัยที่นำเอาเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัมมาช่วยในการจำแนกสิ่งปกคลุมดิน ดังงานวิจัยของ Goodenough et al. (2002) ใช้ภาพถ่าย EO-1 Hyperion, ALI และ Landsat-7 ในการจำแนกประเภทป่าไม้ บริเวณส่วนหนึ่งของประเทศแคนาดาและประเทศสหรัฐอเมริกาโดยผลการศึกษาที่ได้แสดงค่าความถูกต้องโดยรวมของภาพถ่าย EO-1 Hyperionเท่ากับ 92.9%, ALI เท่ากับ 84.8% และLandsat ETM+ เท่ากับ79% ตามลำดับซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhang(2007) ใช้ภาพถ่าย EO-1 Hyperion, Aster และ Landsat ETM+ ในการจำแนกประเภทชนิดของหินของเทือกเขา Southeastern Chocolate ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยผลการศึกษาที่ได้แสดงค่าความถูกต้องโดยรวมของภาพถ่าย EO-1 Hyperionเท่ากับ 86%, IKONOS เท่ากับ85.9%และLandsat ETM+ เท่ากับ75% ตามลำดับในขณะที่ Thenkabail et al. (2003) ที่ได้นำภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 Hyperion, IKONOS, ALI และ Landsat ETM+มาใช้ในการหามวลชีวภาพและจำแนกสิ่งปกคลุมดินบริเวณป่าฝนแอฟริกา ประเทศแคเมอรูน โดยผลการศึกษาที่ได้แสดงค่าความถูกต้องโดยรวมของภาพถ่าย EO-1 Hyperionเท่ากับ 96%, IKONOS เท่ากับ95%, ALIเท่ากับ93% และLandsat ETM+เท่ากับ79% ตามลำดับจากการทบทวนเอกสารดังกล่าวไปแล้วทำให้พอสรุปได้ว่าการสำรวจระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัมสามารถจำแนกสิ่งปกคลุมดินได้ดีกว่าแบบมัลติสเปกตรัม อย่างไรก็ตามเมื่อวันที่ 30 พฤษภาคม พ.ศ. 2556United States Geological Survey (USGS)มีการส่งดาวเทียม Landsat-8 ซึ่งมีการเพิ่มช่วงคลื่นใหม่ๆ เพิ่มเข้ามาเช่น Coastal Aerosolและความกว้างและตำแหน่งกึ่งกลางของช่วงคลื่นที่เปลี่ยนไปอาจช่วยลดข้อจำกัดในการจำแนกส่งปกคลุมดินด้วยภาพถ่ายแบบมัลติสเปกตรัมแบบเก่า

ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงได้มุ่งทดสอบประสิทธิภาพในการจำแนกสิ่งปกคลุมดินด้วยภาพถ่ายแบบมัลติสเปกตรัม โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI ที่มีช่วงคลื่นทั้งหมด 10 ช่วงคลื่น (ไม่รวม Panchromatic) เปรียบเทียบกับภาพถ่ายแบบไฮเปอร์สเปกตรัม โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 Hyperion ซึ่งมีค่าความละเอียดเชิงพื้นที่เท่ากับ Landsat-8 คือ 30 เมตร และมีจำนวนช่วงคลื่น 242 ช่วงคลื่น

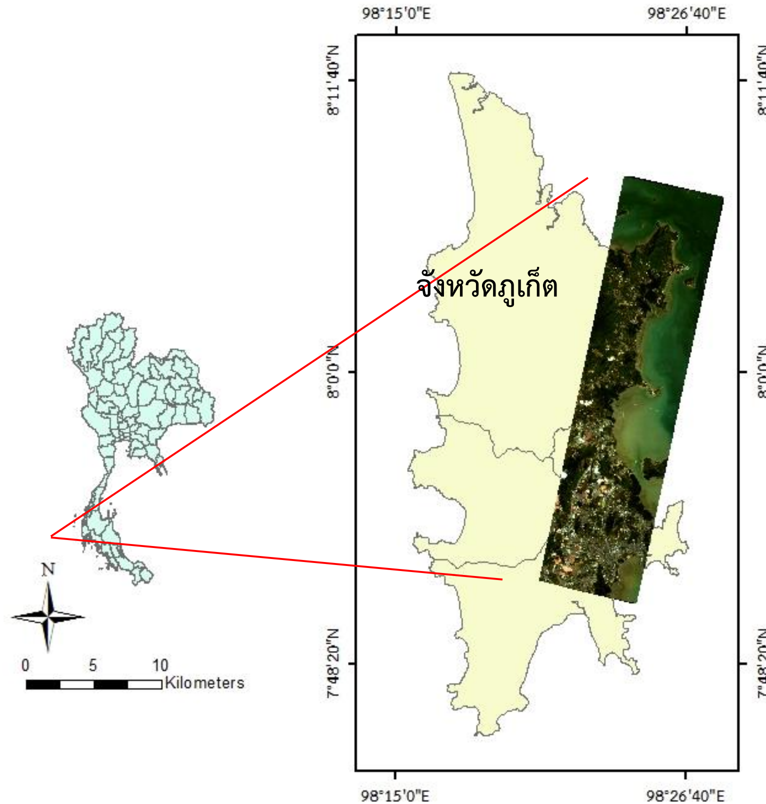
2. วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างภาพถ่ายแบบไฮเปอร์สเปกตรัม (EO-1 Hyperion) กับภาพถ่ายแบบมัลติสเปกตรัม(Landsat-8)โดยใช้การจำแนกแบบกำกับดูแล

3. วิธีการวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ในการศึกษาครั้งนี้ คือ บริเวณส่วนหนึ่งของตำบลป่าคลอก อำเภอถลาง จังหวัดภูเก็ต มีเนื้อที่ประมาณ 38 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ส่วนหนึ่งติดกับชายฝั่งทะเลอันดามัน มีลักษณะภูมิอากาศแบบฝนเมืองร้อน มีลมพัดผ่านตลอดเวลา อากาศอบอุ่นและชุ่มชื้นตลอดปี มี 2 ฤดู คือ ฤดูร้อนและฤดูฝน ทำให้มีความหลากหลายทางชีวภาพที่อุดมไปด้วยป่าดิบชื้นและป่าชายเลน และมีการทำเกษตรกรรมยางพารา ปาล์มน้ำมัน และมะพร้าว จึงเหมาะสมที่จะใช้เลือกเป็นพื้นที่ศึกษา



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษา ตำบลป่าคลอก อำเภอถลาง จังหวัดภูเก็ต

3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

- ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-8 บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 27 มกราคม พ.ศ. 2558
- ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม EO-1 Hyperionบันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 22 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557
- แผนที่ภาพถ่ายออร์โธสีเชิงเลข (Ortho Image) มาตราส่วน 1:4,000ของกรมพัฒนาที่ดิน

3.3 การปรับปรุงความคลาดเคลื่อนภาพถ่ายดาวเทียม

ภาพถ่าย Landsat-8 บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 27 มกราคม พ.ศ. 2558 มีจำนวนช่วงคลื่นทั้งหมด 10 ช่วงคลื่น ความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 400-1,200 นาโนเมตร และความละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial Resolution) (รายละเอียดดังตารางที่ 1) โดย 8 ช่วงคลื่น (ประกอบด้วย Coastal Aerosol, Blue, Green, Red, Near Infrared NIR, SWIR 1, SWIR 2 และ Cirrus) ถูกนำมาทำการปรับปรุงความคลาดเคลื่อนเชิงคลื่น (Radiometric Correction) โดยการแปลงค่าจากค่าตัวเลขดิจิตอล (Digital Number) ให้เป็นค่าสะท้อนพลังงานที่อุปกรณ์รับสัญญาณบันทึกภาพ (Radiance) ตามด้วยการปรับแก้ข้อมูลชั้นบรรยากาศด้วยแบบจำลอง Fast Line of Sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercube (FLAASH) ซึ่งผลลัพธ์ของขั้นตอนดังกล่าวจะได้ค่าการสะท้อน (Reflectance) ที่ผ่านการปรับแก้ความผิดพลาดเนื่องจากชั้นบรรยากาศ จากนั้นจะทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction) โดยอาศัยจุดควบคุมของแผนที่ภาพถ่ายออร์โธสีเชิงเลข (Ortho Image) มาตราส่วน 1:4,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน กระจายตามพื้นที่ส่วนต่างๆ ที่บริเวณที่ทำการศึกษา โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน (Root Mean Square: RMSE) ไม่เกิน 0.5 ต่อ 1 จุดภาพ (30 x 30 เมตร) และกำหนดมาตรฐานพิกัดคือ UTM-47N Projection, Datum WGS 84 (แสดงดังภาพที่ 2)

ส่วนภาพถ่าย EO-1 Hyperion บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 22 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 มีจำนวนช่วงคลื่นทั้งหมด 242 ช่วงคลื่น โดยความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 400-2,500 นาโนเมตร และความละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial Resolution) อยู่ที่ 30 เมตร

โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการตัดบางช่วงคลื่นที่เสียหายและซ้ำซ้อนออกทำให้เหลือจำนวนช่วงคลื่น 155 ช่วงคลื่น (Datt, 2003) จากทั้งหมด 242 (ดังตารางที่ 2) จากนั้นใช้ขั้นตอนวิธีการ de-streaking เพื่อกำจัดริ้วในแนวตั้ง (Vertical striping) ของข้อมูล Hyperion โดยใช้ Hyperion Tools จากนั้นทำการปรับแก้ข้อมูลชั้นบรรยากาศด้วยแบบจำลอง Fast Line of Sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercube (FLAASH) ซึ่งใช้พื้นฐานแบบจำลองการถ่ายเทรังสีของชั้นบรรยากาศแบบ MODTRAN-4 หลังจากนั้นจึงทำการปรับความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction) โดยอาศัยจุดควบคุมของแผนที่ภาพถ่ายออร์โธสีเชิงเลข (Ortho Image) มาตราส่วน 1:4,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน กระจายทั่วตามพื้นที่ส่วนต่างๆ บริเวณที่ทำการศึกษา โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน (Root Mean Square: RMSE) ไม่เกิน 0.5 ต่อ 1 จุดภาพ (30 x 30 เมตร) และกำหนดมาตรฐานพิกัด คือ UTM-47N Projection, Datum WGS 84 (แสดงดังภาพที่ 3)

ตารางที่ 1ข้อมูลภาพจากดาวเทียม Landsat-8 (USGS, 2015)

ระบบบันทึกข้อมูล	**ช่วงคลื่น**	**ความยาวคลื่น (ไมโครเมตร)**	**รายละเอียดภาพ Resolution (เมตร)**
Multispectral	1	0.43 - 0.45 (Coastal Aerosol)	30
	2	0.45 - 0.51 (Blue)	30
	3	0.53 - 0.59 (Green)	30
	4	0.64 - 0.67 (Red)	30
	5	0.85 - 0.88 (Near Infrared - NIR)	30
	6	1.57 - 1.65 (SWIR 1)	30
	7	2.11 - 2.29 (SWIR 2)	30
	8	0.50 - 0.68 (Panchromatic)	15
	9	1.36 - 1.38 (Cirrus)	30
	10	10.60 - 11.19 (Thermal Infrared - TIRS 1)	100
	11	11.50 - 12.51 (Thermal Infrared - TIRS 2)	100

ตารางที่ 2 แสดง 155 ช่วงคลื่นที่มีความเสถียรของภาพถ่าย EO-1 Hyperion(Datt, 2003)

Region	**ช่วงคลื่น**	**ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)**
VNIR	10 – 57	447.9 – 925.9
SWIR	81 – 97	952.9 – 1114.3
	101 – 119	1154.7 – 1336.2
	134 – 164	1487.6 – 1790.2
	182 – 221	1971.8 – 2365.2



ภาพที่ 2 ภาพถ่าย Landsat-8 ที่ทำการปรับปรุงภาพเรียบร้อยแล้ว



ภาพที่ 3 ภาพถ่าย EO-1 Hyperion ที่ทำการปรับปรุงภาพเรียบร้อยแล้ว

3.4 การคัดเลือกชุดข้อมูลตัวอย่างและชุดข้อมูลทดสอบ (Training and Testing Samples)

การคัดเลือกชุดข้อมูลตัวอย่างและชุดข้อมูลทดสอบจะอ้างอิงจากข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2556 ของกรมพัฒนาที่ดิน ควบคู่กับภาพถ่ายจากเครื่องมือGoogle Earth เนื่องจาก Google Earth นั้นเป็นเครื่องมือที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและมีการใช้งานที่แพร่หลาย ด้วยภาพถ่ายที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่สูง ไม่คิดค่าให้การบริการ และเปิดกว้างในรูปแบบของ Open Data Source จึงเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำมาใช่สร้างชุดข้อมูลตัวอย่างและชุดข้อมูลทดสอบ (Clark, 2010; Mering, 2010)นอกจากนี้ยังใช้ภาพที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่สูงจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม World View-2 ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ของช่วงคลื่น Panchromaticและ Multispectralที่ 0.52 เมตร และ 2.08 เมตร ตามลำดับ และข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Pléiadesมีความละเอียดเชิงพื้นที่ของช่วงคลื่น Panchromaticและ Multispectral ที่ 50 เซนติเมตร และ 2 เมตร ตามลำดับ โดยได้แบ่งสัดส่วนชุดข้อมูลตัวอย่างและชุดข้อมูลทดสอบแสดงตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางแสดงจำนวนจุดชุดข้อมูลตัวอย่างและจุดชุดข้อมูลทดสอบ

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	**จำนวนจุดชุดข้อมูลตัวอย่าง**	**จำนวนจุดชุดข้อมูลทดสอบ**
พื้นที่ป่าไม้ (Forest : FR)	60	40
พื้นที่ป่าชายเลน (Mangrove : MG)	180	120
พื้นที่ยางพารา (Rubber Tree : RB)	60	40
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (Urban : UB)	60	40
พื้นที่ทรายและโคลน (Sand and Mud : SM)	120	80
พื้นที่นากุ้ง (Shrimp Farm : SF)	120	80
พื้นที่แหล่งน้ำบนบก (Lake : LK)	80	60
พื้นที่ทะเลน้ำลึก (Deep Sea Water : DS)	48	36
	280	220

3.5 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

3.5.1การจำแนกภาพถ่าย Landsat-8

การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในตำบลป่าคลอก อำเภอถลาง จังหวัดภูเก็ตนั้น ได้ทำการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินออกเป็นทั้งหมด 8 ประเภท ประกอบด้วยพื้นที่ป่าไม้ (Forest : FR) พื้นที่ป่าชายเลน (Mangrove : MG) พื้นที่ยางพารา (Rubber Tree : RB) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (Urban : UB) พื้นที่ทรายและโคลน (Sand and Mud : SM) พื้นที่นากุ้ง (Shrimp Farm : SF) พื้นที่แหล่งน้ำบนบก (Lake : LK) และพื้นที่ทะเลน้ำลึก (Deep Sea Water : DS)โดยภาพถ่าย Landsat-8 จะใช้ช่วงคลื่นทั้งหมด 8 ช่วงคลื่นในการจำแนก

3.5.2การจำแนกภาพถ่าย EO-1 Hyperion

ในการจำแนกภาพถ่าย EO-1 Hyperion นั้น จะต้องทำการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสม(Feature Selection) ก่อนนำมาทำการจำแนก โดยงานวิจัยนี้จะทำการนำช่วงคลื่นที่ผ่านการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนแล้วจำนวน 155 ช่วงคลื่นมาทำการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมต่อไป โดยวิธีที่เป็นที่นิยมโดยทั่วไปนั้นจะใช้วิธีการ MinimumNoiseFractionTransform (MNF) แต่อย่างไรก็ตามในงานวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการ Sequential Forward Selection (SFS) ในการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสม เนื่องจากวิธี SFS นั้น จะทำการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมโดยอ้างอิงจากข้อมูลตัวอย่างในการสอน(Training) มาช่วยในการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสม ซึ่งแตกต่างจากวิธี MNF ที่ใช้ค่าทางสถิติของค่าการสะท้อนแต่ละ pixel ของภาพถ่าย EO-1 Hyperion มาใช้ในการสร้างข้อมูลใหม่เพื่อนำไปใช้ในการจำแนกโดยหลักการทำงานของ SFS นั้น จะทำคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสม โดยเริ่มต้นจากเซตว่าง (ในที่นี้คือเซตของช่วงคลื่น) จากนั้นจะทำการเพิ่มช่วงคลื่นที่ให้ค่าจากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) มากที่สุด โดยจะมีการทำซ้ำจนกว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าค่าจากฟังก์ชันวัตถุประสงค์เปลี่ยนแปลงน้อยกว่าค่าที่กำหนด (Somol and Pudil, 2002)

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมจากช่วงคลื่นที่ผ่านการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจำนวน 155 ช่วงคลื่น ด้วยวิธี SFS หลังการคัดเลือกปรากฏว่ามี 55 ช่วงคลื่นที่เหมาะสมซึ่งประกอบด้วย ช่วงคลื่น 12, 14, 15, 19, 26, 27, 29, 30, 31, 44, 51, 52, 61, 63, 65, 68, 76, 77, 78, 79, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 94, 95, 96, 105, 106, 107, 108, 110, 111, 112, 113, 122, 123, 126, 129, 131, 135, 136, 138, 140, 143, 145, 146, 147, 151และ 152ในงานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการจำแนกแบบกำกับดูแลด้วยวิธีการ Spectral Angle Mapper (SAM)ซึ่งเป็นวิธีการจำแนกแบบนอนพาราเมตริก (Nonparametric Classifier) มีจุดเด่นคือ สามารถลดข้อจำกัดการจำแนกแบบพาราเมตริก(เช่น การจำแนกแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด) ที่ต้องการจำนวนตัวอย่างในการสอน(Training Samples) อย่างน้อยเท่ากับจำนวนช่วงคลื่นที่ใช้ในการจำแนกนอกจากนี้ในกรณีที่ใช้ช่วงคลื่นจำนวนมากในการจำแนกโดยใช้วิธีการจำแนกแบบพาราเมตริกมักจะเจอกับปัญหาที่ไม่สามารถหาเมตริกผกผันของเมตริกความแปรปรวน (Covariance Matrix) ร่วมได้เนื่องจากช่วงคลื่นมีความสัมพันธ์กันเอง (Correlation) ซึ่งส่งผลให้การจำแนกมีความผิดพลาด(Cho, 2010) ดังนั้น SAM จึงเป็นวิธีการที่นิยมในใช้ในการจำแนกข้อมูลแบบไฮเปอร์สเปกตรัม โดยหลักการทำงานของ SAM โดยสังเขปคือ ทำการเปรียบเทียบสเปกตรัมของจุดภาพที่ไม่ทราบชนิดการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินกับสเปกตรัมอ้างอิง โดยใช้ค่าของมุมที่เข้าใกล้กับสเปกตรัมอ้างอิงมาตัดสินใจในการจำแนกประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินนั้นๆโดยที่ทั้ง 2 ภาพถ่ายนั้นใช้ชุดข้อมูลตัวอย่างและชุดข้อมูลทดสอบ (Training and Testing Samples)ชุดข้อมูลเดียวกัน (แสดงตามตารางที่ 3)

3.6 การตรวจสอบความถูกต้อง

การตรวจสอบความถูกต้องในงานวิจัยนี้จะอาศัยตารางตรวจสอบความถูกต้อง (Error Matrix) โดยทำการเปรียบเทียบข้อมูลทดสอบแบบประเภทต่อประเภท ข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบเป็นข้อมูลอ้างอิงกับข้อมูลที่ได้จากการจำแนกในจุดพิกัดเดียวกัน โดยแกนตั้งของตารางเป็นข้อมูลอ้างอิงหรือข้อมูลที่เชื่อว่าถูกต้อง ส่วนแกนนอนเป็นข้อมูลจากผลการจำแนกข้อมูลซึ่งถือว่าเป็นข้อมูลที่ต้องการตรวจสอบความถูกต้อง โดยค่าความถูกต้องที่สนใจจะประกอบด้วยค่าความถูกต้องโดยรวม

(Overall Accuracy) ค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's Accuracy) และค่าความถูกต้องของผู้ใช้ (User's Accuracy) ความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

4. ผลการวิจัย

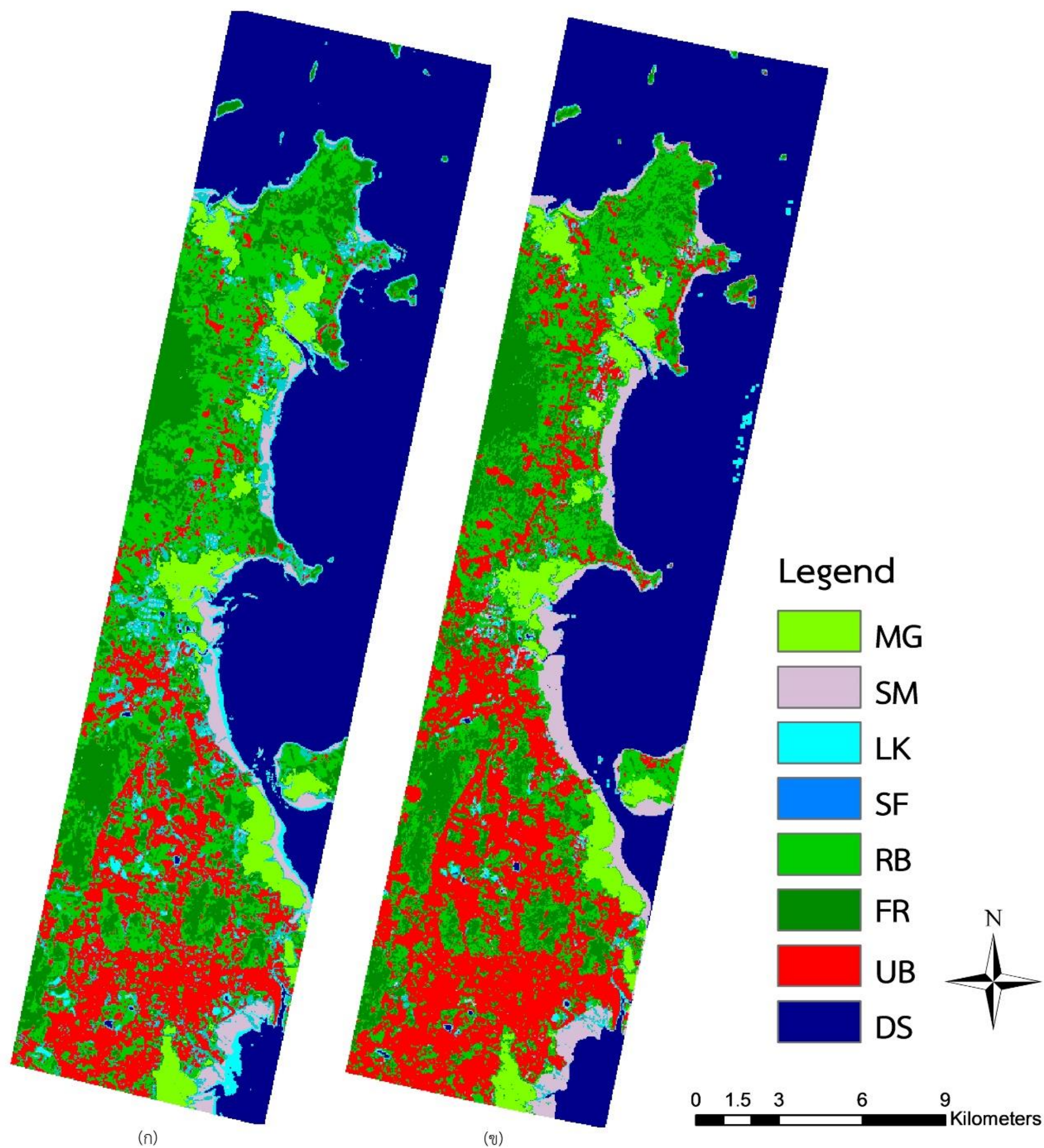
4.1 ความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

จากการศึกษาพบว่าการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของภาพถ่าย Landsat-8 ด้วยวิธี SAMโดยใช้ช่วงคลื่นทั้งหมด 8 ช่วงคลื่น(ดังภาพที่ 4 (ก)) และภาพถ่าย EO-1 Hyperion ที่ใช้วิธีการจำแนกแบบกำกับดูแลด้วยวิธีการ SAM โดยใช้ช่วงคลื่น 55 ช่วงคลื่น ที่ผ่านการคัดเลือกด้วยวิธีSFS(ดังภาพที่ 4 (ข)) ให้ค่าความถูกต้องโดยรวม(Overall Accuracy)85.69% และ 90.41% ตามลำดับโดยมีค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient)อยู่ที่ 0.82และ 0.88 ตามลำดับ(แสดงดังตารางที่ 4) จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยใช้ภาพถ่าย EO-1 Hyperion ที่ใช้วิธีการจำแนกแบบกำกับดูแลด้วยวิธีการ SAM โดยใช้ช่วงคลื่น 55 ช่วงคลื่น โดยใช้วิธี SFS ในคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสม ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปามากกว่าการใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8โดยมีตารางตรวจสอบความถูกต้องที่ได้จากการจำแนก (แสดงดังตารางที่ 5 และ 6) และแผนที่แสดงการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน(แสดงตามภาพที่ 4) ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ตารางเปรียบเทียบค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

ภาพถ่าย	วิธีการจำแนก	จำนวนช่วงคลื่น	ค่าความถูกต้องโดยรวม	ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา
Landsat-8	SAM	8	85.69%	0.82
EO-1 Hyperion	SAM	55(SFS)	90.41%	0.88

โดยผลจากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของภาพถ่าย EO-1 Hyperion ที่ใช้วิธีการจำแนกแบบกำกับดูแลด้วยวิธีการ SAM โดยใช้ช่วงคลื่น 55 ช่วงคลื่น ที่ผ่านการคัดเลือกช่วงคลื่นด้วยวิธี SFS(ดังภาพที่ 4 (ข)) จะสังเกตได้ว่าการปะปนกันของพื้นที่แหล่งน้ำบนบก (LK), พื้นที่นากุ้ง (SF) และพื้นที่ทะเลน้ำลึก (DS) น้อยกว่าผลจากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของภาพถ่าย Landsat-8(ดังภาพที่ 4 (ก))โดยเฉพาะพื้นที่แหล่งน้ำบนบก (LK) กับพื้นที่ทะเลน้ำลึก (DS) บริเวณชายฝั่งทะเลที่ปะปนกันน้อยกว่าอีกทั้งสามารถจำแนกพื้นที่ป่าชายเลน (MG) และพื้นที่ทรายและโคลน (SM) ได้ออกมาจากพื้นที่อื่นๆได้อย่างชัดเจน



ภาพที่ 4(ก) ภาพถ่าย Landsat-8ใช้วิธีการจำแนกแบบกำกับดูแลด้วยวิธีการ SAM โดยใช้ช่วงคลื่นทั้งหมด 8 ช่วงคลื่น และ (ข)ภาพถ่าย EO-1 Hyperion ที่ใช้วิธีการจำแนกแบบกำกับดูแลด้วยวิธีการ SAM โดยใช้ช่วงคลื่น 55 ช่วงคลื่น ที่ผ่านการคัดเลือกช่วงคลื่นด้วยวิธีSFSเมื่อ MG = พื้นที่ป่าชายเลน, SM = พื้นที่ทรายและโคลน, LK = พื้นที่แหล่งน้ำบนบก, SF = พื้นที่นากุ้ง, RB = พื้นที่ยางพารา, FR = พื้นที่ป่าไม้, UB = พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง, และ DS = พื้นที่ทะเลน้ำลึก

ตารางที่ 5 ตารางตรวจสอบความถูกต้องของภาพถ่าย Landsat-8 ด้วยวิธี SAM โดยใช้ช่วงคลื่นทั้งหมด 8 ช่วงคลื่นซึ่งมีความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 85.69% และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา เท่ากับ 0.82เมื่อ MG = พื้นที่ป่าชายเลน, SM = พื้นที่ทรายและโคลน, LK = พื้นที่แหล่งน้ำบนบก, SF = พื้นที่นากุ้ง, RB = พื้นที่ยางพารา, FR = พื้นที่ป่าไม้, UB = พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง, และ DS = พื้นที่ทะเลน้ำลึก

Class	MG	SM	LK	SF	RB	FR	UB	DS	Total
MG	117	0	0	1	0	0	0	0	118
SM	0	54	2	5	0	0	0	0	61
LK	0	15	19	8	0	0	0	3	45
SF	2	7	2	34	0	0	7	0	52
RB	0	0	1	7	33	1	1	0	43
FR	1	0	0	0	7	39	0	0	47
UB	0	0	0	5	0	0	32	0	37
DS	0	4	12	0	0	0	0	217	233
Total	120	80	36	60	40	40	40	220	**636**

ตารางที่ 6 ตารางตรวจสอบความถูกต้องของภาพถ่าย EO-1 Hyperion ที่ใช้วิธีการจำแนกแบบกำกับดูแลด้วยวิธีการ SAM โดยใช้ช่วงคลื่น 55 ช่วงคลื่น ที่ผ่านการคัดเลือกช่วงคลื่นด้วยวิธีSFSซึ่งมีความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 90.41% และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา เท่ากับ 0.88เมื่อ MG = พื้นที่ป่าชายเลน, SM = พื้นที่ทรายและโคลน, LK = พื้นที่แหล่งน้ำบนบก, SF = พื้นที่นากุ้ง, RB = พื้นที่ยางพารา, FR = พื้นที่ป่าไม้, UB = พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง, และ DS = พื้นที่ทะเลน้ำลึก

Class	MG	SM	LK	SF	RB	FR	UB	DS	Total
MG	120	0	0	0	0	0	0	0	120
SM	0	80	0	8	0	0	0	1	89
LK	0	0	13	6	0	0	0	3	22
SF	0	0	8	37	0	0	0	1	46
RB	0	0	0	0	32	2	0	0	34
FR	0	0	0	0	8	38	0	0	46
UB	0	0	1	8	0	0	40	0	49
DS	0	0	14	1	0	0	0	215	230
Total	120	80	36	60	40	40	40	220	636

5. วิจารณ์ผลและสรุปผล

งานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยภาพถ่ายแบบไฮเปอร์สเปกตรัมที่ทำการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมด้วยวิธี SFS (55 ช่วงคลื่นของภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 Hyperion) เปรียบเทียบกับภาพถ่ายแบบมัลติสเปกตรัม(ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI) โดยผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยภาพถ่าย EO-1 Hyperion (55 ช่วงคลื่นของภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 Hyperion) ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาสูงกว่าการจำแนกโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI โดยสามารถเพิ่มค่าความถูกต้องโดยรวมจาก 85.69% เป็น 90.41%และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา จาก 0.82 เป็น 0.88 ตามลำดับ ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของThenkabail et al. (2003) ที่ได้นำภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 Hyperion, IKONOS, ALI

และ Landsat ETM+ มาใช้ในการหามวลชีวภาพและจำแนกสิ่งปกคลุมดินบริเวณป่าฝนแอฟริกา ประเทศแคเมอรูน โดยผลการศึกษาที่ได้แสดงค่าความถูกต้องโดยรวมของภาพถ่าย EO-1 Hyperionเท่ากับ 96%, IKONOS เท่ากับ95%, ALI เท่ากับ 93% และLandsat ETM+ เท่ากับ79% ตามลำดับอีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของZhang(2007) ที่ใช้ภาพถ่าย EO-1 Hyperion, ASTERและ Landsat ETM+ ในการจำแนกประเภทชนิดของหินของเทือกเขา Southeastern Chocolate ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยผลการศึกษาที่ได้แสดงค่าความถูกต้องโดยรวมของภาพถ่าย EO-1 Hyperionเท่ากับ 86%, IKONOS เท่ากับ85.9%และLandsat ETM+ เท่ากับ75%

ถึงแม้ผลการศึกษานี้จะให้ค่าความถูกต้องโดยรวมสูง (90.41%) อย่างไรก็ตามจากตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่าพื้นที่แหล่งน้ำบนบก (LK), พื้นที่นากุ้ง (SF) และพื้นที่ทะเลน้ำลึก (DS) ยังมีการปะปนกัน ซึ่งในงานวิจัยต่อไปอาจมีการศึกษาการใช้วิธีการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสม (Feature Selection) ด้วยวิธีการอื่นจาก 155 ช่วงคลื่นมาใช้ในการจำแนก วิธีการดังกล่าวอาจช่วยในการลดการปะปนกันของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่ยังมีปัญหาในการจำแนกได้

เอกสารอ้างอิง

สมพร ชอบธรรม. (2551).**เทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขที่เหมาะสมสำหรับติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

Cho, M. A., Debba, P., Mathieu, R., Naidoo, L., Aardt, J.V., and Asner, G.P. (2010). Improving Discrimination of Savanna Tree Species Through a Multiple-Endmember Spectral Angle Mapper Approach: Canopy-Level Analysis, **IEEE Transactionson Geoscience and Remote Sensing**, **48**(11), 4133–4142.

Clark, M.L., Aide, T.M., Grau, H.R. and Riner, G.A.(2010).Scalable approach to mapping annual land cover at 250 m using MODIS time series data: A case study in the Dry Chaco Ecoregion of South America**.Remote SensingEnvironment, 114**, 2816–2832.

Datt, B., McVicar, T.R., Van Niel, T.G., Jupp, D.L.B., and Pearlman, J.S. (2003). Preprocessing EO-1 Hyperion hyperspectral data to support the application of agricultural indexes. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, **41**(6), 1246–1259.

Fan, F., Weng, Q., and Wang, Y. (2007). Land Use and Land Cover Change in Guangzhou, China, from 1998 to 2003, Based on Landsat TM /ETM+ Imagery. **Sensors 2007, 7**, 1323-1342.

Goodenough, D.G., Bhogal, A.S., Dyk, A., Hollinger, A., Mah, Z., Niemann, K.O., Pearlman, J., Chen, H., Han, T., Love, J., and McDonald, S.(2002). Monitoring forests with Hyperion and ALI, in Geoscience and Remote Sensing Symposium. **IEEE International,2**, 882-885.

Jensen, J.R. (2009).**Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective, 2nd**.NJ:Prentice Hall.

Mering, C., Baro, J. and Upegui, E. (2010). Retrieving urban areas on Google Earth images: Application to towns of West Africa. **International Journal of Remote Sensing,31**, 5867–5877.

Somol, P. andPudil, P. (2002). Feature Selection Toolbox. **Pattern Recognition, 35**, 2749–2759.

Thenkabail, P.S., Enclona, E.A., Ashton, M.S., Legg, C., and De Dieu, M.J. (2004). Hyperion, IKONOS, ALI, and ETM+ sensors in the study of African rainforests. **Remote Sensing of Environment**, **90**(1), 23–43.

Turner, S. and Pham, T.T.H. (2015). Nothing Is Like It Was Before: The Dynamics between Land-Use and Land-Cover, and Livelihood Strategies in the Northern Vietnam Borderlands. **Land, 4**, 1030-1059.

USGS. (2015). **Landsat 8 Bands**.Retrieved November 9, 2015, from http://landsat.gsfc.nasa.gov

Zhang, H., Zhou, L.G., Chen, M.N., and Ma, W.C. (2011). Land Use Dynamics of the Fast-Growing Shanghai Metropolis, China (1979–2008) and its Implications for Land Use and Urban Planning Policy. **Sensors, 11**, 1794-1809.

Zhang, X. and Pazner, M. (2007). Comparison of Lithologic Mapping with ASTER, Hyperion, and ETM Data in the Southeastern Chocolate Mountains, **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, **73**(5), 555–561.

การประยุกต์ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงจากอากาศยานไร้นักบินเพื่อการวิเคราะห์พื้นที่เผาไหม้จากไฟป่า

Application of High Resolution Aerial Imagery data from the Mini Unmanned Aerial Vehicle (Mini UAV) for Analysis Area Burned from Forest Fires

รัตนะ บุลประเสริฐ[1]ปิยะรัตน์ วิจักขณ์สังสิทธิ์[2]พิจักษณ์หิญชีระนันทน์[1]

RattanaBoonprasert and PiyaratVijuksungsith

[1]คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

โทรศัพท์ 024415000โทรสาร 0-2441-5910/11 e-mail: rattana.boo@mahidol.ac.th

[2]ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง (ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ)

คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (วิทยาเขตกำแพงแสน)

โทรศัพท์ 0-343-51399 ต่อ 476 e-mail rdiprv@ku.ac.th

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการประยุกต์ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงจากอากาศยานไร้นักบินเพื่อการวิเคราะห์พื้นที่เผาไหม้จากไฟป่ามีวัตถุประสงค์หลักคือการศึกษาพฤติกรรมไฟป่าที่ประกอบด้วย ปัจจัยคุณภาพเชื้อเพลิงของไฟป่า ลักษณะการปกคลุมของเรือนยอดและ ดัชนีการเผาไหม้ วิธีการศึกษาประกอบด้วย4 วิธีการ ดังนี้ คือ 1)การจำแนกประเภทของสิ่งปกคลุมดินที่ตามชนิดของลักษณะการปกคลุมของเรือนยอดจากปัจจัยตัวแปรเชิงปริมาณ ได้แก่ ปัจจัยทางกายภาพของพื้นที่เกิดไฟป่าที่เกิดการเผาไหม้จากไฟป่าผ่านมาแล้ว 24 ชั่วโมง2)การประเมินคุณภาพเชื้อเพลิง-3) การสร้างค่าดัชนีความหลากหลายของพืชพรรณจากแปลงมาตรฐานที่ได้จากการออกสำรวจภาคสนามและ 4)การสร้างดัชนีการเผาไหม้ผลการศึกษาพบว่าค่าดัชนีการเผาไหม้ที่สร้างขึ้นด้วยความแม่นยำสูง

คำสำคัญ: ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงอากาศยานไร้นักบินขนาดเล็ก ดัชนีการเผาไหม้

ABSTRACT

This research is the application of high-resolution Aerial imagery from Mini Unmanned Aerial Vehicle (Mini UAV) to analysis area burned from a forest fires. The main objective is to study the area burned from forest fires, quality of fuel, crown cover characteristics and the Difference Normalized Burn Ratio (DifNBR). The study consisted of four ways: 1) the classification of land cover by type of characteristics covered canopy with inputs from quantitative variables including physical factors of the fire that burns from the fire 24 hours ago 2) The quality of fuel 3) to create the index from a variety of plants that convert standard of the field survey and 4) the indexing burning. The results showed that burning index created with high accuracy. The results showed that most of burnt areas corresponded to high-risk levels in the risk map.

KEY WORDS Mini Unmanned Aerial Vehicle (Mini UAV) High Resolution Aerial Imagery data Difference Normalized Burn Ratio

1. บทนำ

การศึกษาพฤติกรรมของไฟป่าและการคาดการณ์หรือการประเมินได้ถูกต้องขึ้นอยู่กับไฟป่าและสิ่งแวดล้อมของปัจจัยเกี่ยวกับเชื้อเพลิง ลักษณะของสภาพอากาศและลักษณะภูมิประเทศเป็นปัจจัยคอยควบคุมพฤตกรรมของไฟซึ่งประกอบไปด้วยอัตราการลุกลาม (rate of fire spread) มีความรุนแรงของไฟ (fire intensity) และความยาวของเปลวไฟเท่าใด (flame length) โดยการศึกษาการเกิดป่าและการคาดการณ์หรือการประเมินการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยไฟป่าด้วยข้อมูลภูมิสารสนเทศส่วนใหญ่ในปัจจุบันมีการข้อมูลดาวเทียมสำรวจทรัพยากรตรวจวัดไฟป่าและการคาดการณ์หรือการประเมินจากต่างช่วงเวลาคือ ภาพก่อนเกิดไฟป่า และภาพเมื่อเกิดไฟป่า จากความสัมพันธ์ของค่าการสะท้อนแสงของพื้นที่เกิดไฟป่ารูปแบบการแพร่กระจายหมอกควัน และประเมินความเป็นเนื้อเดียวกันของพื้นผิว (Homogeneous) ในการตรวจวัดจุดความร้อน (Hotspot) ข้อมูลดาวเทียมระบบ MODISที่ตรวจวัดการวิเคราะห์จุดภาพความร้อนเพื่อติดตามและเฝ้าระวงไฟป่าจากความละเอียดของจุดภาพที่ 1 กิโลเมตร ที่บันทึกภาพที่ความยาวช่วงคลื่นอินฟราเรดกลางที่มีความยาว3.9 ไมโครเมตร และช่วงคลื่นดังกล่าวมีความเหมาะสมกับพื้นทีขนาดใหญ่มีความสามารถในการตรวจวัดค่าอุณหภูมิพื้นผิวของวัตถุที่ความยาวช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน11 ไมโครเมตรจากข้อมูลภาพจากดาวเทียม Terra/Aqua ในช่วงคลื่นดังกล่าวมาตรวจหา/วิเคราะห์จุดความร้อนมีขนาดของไฟที่เล็กที่สุดที่ระบบ MODIS สามารถตรวจพบได้โดยปกติการตรวจวัดจุดความร้อนด้วยระบบ MODIS ซึ่งสามารถตรวจวัดได้ทั้ง เปลวไฟ (Flaming fire) หรือในบริเวณที่ไฟยังครุกกรุ่น (Smoldering fire) ที่มีขนาดประมาณ 1,000 ตารางเมตรโดยขนาดของไฟจะมีขนาดที่แตกต่างกันที่สามารถตรวจวัดได้จะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆเช่น ตำแหน่งของมุมในการถ่ายภาพ การปกคลุมของหมอกควัน ความเป็นเนื้อเดียวกันของพื้นผิว (Homogeneous)และตรวจพบเปลวไฟที่มีขนาดพื้นที่ประมาณ 100 ตารางเมตร แต่มีอุณหภูมิสูงก็สามารถตรวจพบได้อีกทั้งในบางกรณีซึ่งเป็นไปได้น้อยมากสามารถที่จะตรวจพบเปลวไฟที่มีขนาดพื้นที่เล็กประมาณ 50 ตารางเมตร(สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน ,2558)แต่พบว่าพฤติกรรมของไฟป่าจะมีขนาดเปลวไฟที่มีขนาดพื้นที่เล็กกว่า 50 ตารางเมตรลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่ในประเทศไทย จะมีขนาดเล็กการตรวจพบเปลวไฟที่มีขนาดพื้นที่ประมาณ 100 ตารางเมตรขึ้นไปก็จะส่งผลให้เกิดการลุกลามในระดับที่มีความรุนแรงการประยุกต์อากาศยานไร้นักบินขนาดเล็กที่มีระบบการบันทึกภาพที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่สูงและมีความรวดเร็วในการเก็บและบันทึกข้อมูลจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะใช้ในการประเมินพฤติกรรมของไฟป่าที่เกิดขึ้นในระยะเริมต้นที่ยังไม่มีความรุนแรงมากจะทำให้ง่ายต่อการควบคุมการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมของไฟป่าจากอัตราการลุกลาม (rate of fire spread) มีความรุนแรงของไฟ (fire intensity) ที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะการปกคลุมของเรือนยอดและค่าดัชนีความหลากหลายของพืชพรรณเนื่องจากเป็นปัจจัยตัวแปรเชิงปริมาณที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปัจจัยเกี่ยวกับเชื้อเพลิงโดย วิธีการจำแนกคุณภาพเชื้อเพลิงของไฟป่าและสร้างดัชนีปกคลุมของเรือนยอดจากข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงจากอากาศยานไร้นักบินขนาดเล็ก สร้างดัชนีดัชนีการเผาไหม้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงและแผนที่แสดงรูปแบบของการเผาไหม้ของไฟป่าจากภาพถ่ายทางอากาศที่มีรายละเอียดสูงจากอากาศยานไร้นักบินขนาดเล็กเพื่อเป็นต้นแบบของ พฤติกรรมของไฟป่าจากรูปแบบของการเผาไหม้ของไฟป่าที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่สูง

2. วัตถุประสงค์

2.1 ศึกษาพฤติกรรมไฟป่าโดยใช้วิธีการจำแนกคุณภาพเชื้อเพลิงของไฟป่าและสร้างดัชนีปกคลุมของเรือนยอดจากข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงจากอากาศยานไร้นักบินขนาดเล็ก

2.2 ประยุกต์ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงสร้างแบบจำลองพฤติกรรมไฟป่าจากดัชนีค่าความแตกต่างของดัชนีการเผาไหม้

3. วิธีการวิจัย

3.1 ขอบเขตเชิงพื้นที่ศึกษาบริเวณป่าเบญจพรรณในบริเวณ พื้นที่ตำบลพระบาท อำเภอเมืองจังหวัดลำปาง ครอบคลุมพื้นที่ 0,625ตร.กม.

3.2 ข้อมูลและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย

3.2.1 ภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงของบริเวณพื้นที่ป่าเบญจพรรณเกิดเผาไหม้จากไฟป่าแล้ว24 ชั่วโมงจากอากาศยานไร้นักบินขนาดเล็กที่มีการบินถ่ายภาพในแนวดิ่งที่ตั้งฉากกับพื้นโลกที่ความสูง 100 เมตรจากระดับพื้นดินที่มีค่า

ความละเอียดเชิงพื้นที่หรือพิกเซล ขนาด 0.18X0.18เมตร มาตราส่วน 1: 500 ของแปลงมาตรฐาน ขนาดกว้าง 10 เมตรยาว 10 เมตรหรือขนาดพื้นที่ 100 ตร.มจำนวน 6 แปลง บันทึกเมื่อ เวลา 11.30 น. วันที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2557

3.2.2ภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงของบริเวณพื้นที่ป่าเบญจพรรณเกิดเผาไหม้จากไฟป่า24 ชั่วโมง จากอากาศยานไร้นักบินขนาดเล็ก บริเวณพื้นที่ไฟป่ารายละเอียดสูงในแนวดิ่งบินที่ความสูง 100 จากระดับพื้นดินจากอากาศยานไร้นักบินขนาดเล็กภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงของบริเวณพื้นที่เกิดไฟป่าที่มีค่าความละเอียดเชิงพื้นที่ ขนาด 0.18 เมตร มาตราส่วน 1: 500 ของแปลงมาตรฐาน ขนาดพื้นที่ 1,600 ตร.ม ขนาดกว้าง 40 เมตรยาว40 เมตรจำนวน 4 แปลง บันทึกเมื่อ เวลา 11.30 น. วันที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2557

3.2.3 อากาศยานไร้นักบิน 6 .ใบพัด พร้อมอุปกรณ์ควบคุมการบินและระบุระบุตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์บนพื้นโลกแบบอัตโนมัติขนาดความกว้าง 650 มิลลิเมตร

3.2.4 กล้องบันทึกภาพแบบควบคุมมุมกล้องแบบอัตโนมัติGOPRO HERO3 Black Editionที่สามารถบันทึกแบบวีดีโอ (4K / 2.7K / 1440p / 1080p / 960p / 720p) และแบบรูปภาพรายละเอียดที่ 12MP (Wide) / 7MP (Wide) / 7MP (MED) / 5MP (MED)เลนส์มุมกว้าง : SuperView Mode, Auto Low Light Mold

3.2.5 เครื่องมือระบุตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์บนพื้นโลก

3.3วิธีการศึกษา

3.3. กำหนดแปลงมาตรฐานขนาดแปลงกว้าง 40 X 40 เมตรจำนวน 4 แปลงลักษณะการปกคลุมของเรือนยอดด้วยจากปัจจัยตัวแปรเชิงปริมาณของ คุณภาพเชื้อเพลิงและค่าดัชนีความหลากหลายของพืชพรรณจากแปลงมาตรฐานขนาดกว้าง 40X40 เมตรจำนวน 4 แปลง

3.3.2กำหนดแปลงบริเวณพื้นที่ป่าเบญจพรรณเกิดเผาไหม้จากไฟป่า24 ชั่วโมงขนาด 10 X10 เมตร จำนวน 24 แปลงเพื่อใช้ศึกษารูปแบบและพฤติกรรมไฟป่าที่สร้างขึ้นจากภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงของบริเวณพื้นที่เกิดไฟป่าของพื้นที่ป่าเบญจพรรณเกิดเผาไหม้จากไฟป่าแล้ว 24 ชั่วโมง

3.3.3 การจัดเตรียมข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงมีดังนี้คือ

- การปรับแก้ความถูกต้องเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction)ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงทั้งหมดให้ครอบคลุมพื้นที่แปลงมาตรฐานที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เนื่องจากข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงค่าความคลาดเคลื่อนสูงจึงต้องทำการปรับแก้ค่าต้องมีการอ้างอิงอิงตำแหน่งทีมีความถูกต้องเชิงเรขาคณิตแบบกำหนดภาพต่อภาพ (Image to Image) จากจุดควบคุมบนพื้นดินทำการสร้างจุดควบคุมภาคพื้นดินในรูปแบบภาพถ่ายขนาด 200x200 พิกเซล ซึ่งได้จากตัดภาพถ่ายดาวเทียมระดับสามที่มีพิกัดถูกต้องอ้างอิงจากGoogle Map โดยได้ทำการเก็บรายละเอียดข้อมูลของจุดควบคุมภาคพื้นดินค่า X,Y ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของภาพถ่ายจุดควบคุมภาคพื้นดินหรือค่า X,Y ของ กำหนดตำแหน่งต่างๆบนพื้นโลกด้วยวิธีการอ้างอิงบอกตำแหน่งที่มีหน่วยเป็นเมตรในระบบ UTM (Universal Transverse Mercator co-ordinate System)

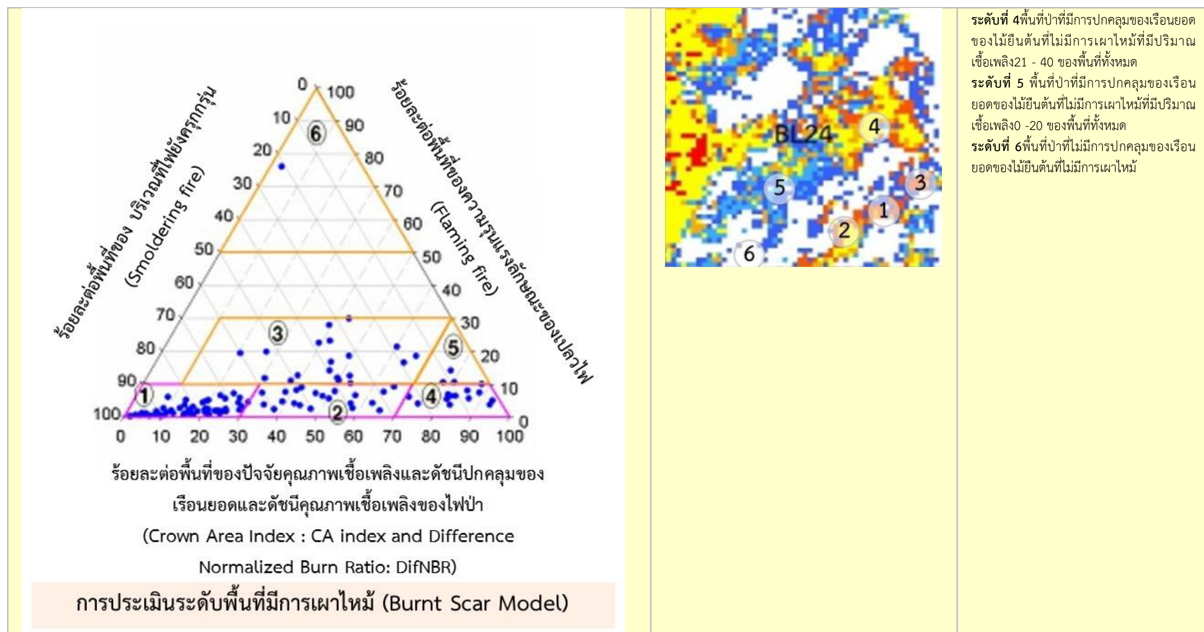
- การประเมินความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลภาพครั้งนี้การจำแนกข้อมูลเป็นการวิเคราะห์การจำแนกประเภทข้อมูลลำดับสุดท้ายหรือตกแต่งข้อมูลหลังจากการจำแนกประเภทข้อมูล (Post-classification)การเน้นคุณภาพของภาพ (Image enhancement) ภาพจากข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงต้นฉบับนำมาปรับปรุงคุณภาพให้มีรายละเอียดเพิ่มขึ้น โดยการปรับเปลี่ยนค่าความเข้มเพื่อเน้นข้อมูลที่ต้องการศึกษาให้เด่นชัดขึ้น และโดยการศึกษาครั้งนี้ใช้เทคนิคการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) ด้วยวิธี Minimum Distance to Meansและวิธี Maximum Likelihood Classifier ซึ่งการจำแนกข้อมูลแบบ Supervised Classification เป็นการจำแนกข้อมูลโดยที่ผู้วิเคราะห์สามารถทราบตำแหน่งและลักษณะของสิ่งปกคลุมดินและรูปแบบการเกิดไฟป่าที่ต้องงการวิเคราะห์จากในข้อมูลภาพเพื่อเป็นตัวแทนในการวิเคราะห์เชิงสถิติให้กับข้อมูลภาพจากข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงทั้งหมดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้การประเมินความถูกต้องของการจำแนกค่ามีความถูกต้องโดยการกำหนดจุดตัวอย่างในพื้นที่ ของแปลงมาตรฐานขนาด 10 X10 เมตรหรือขนาดพื้นที่ 100 ตร.ม จำนวน และแปลงมาตรฐาน ขนาดพื้นที่ 1,600 ตร.ม ขนาด 40 X40 เมตรจำนวน 4 แปลง นำมามาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้รับการจำแนกเพื่อสร้างแผนที่อ้างอิงข้อมูลที่ได้จากการออกสำรวจภาคสนามมาทำการสร้างเมตริกความคลาดเคลื่อนเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการจำแนกกับแผนที่อ้างอิงที่พิจารณาตำแหน่งพิกัดเดียวกับข้อมูลได้จากการแปลภาพและจากการออกสำรวจภาคสนามเป็นสิ่งปกคลุมดินชนิดเดียวกันหรือไม่ด้วยเมตริกความคลาดเคลื่อน ซึ่งเมตริกความคลาดเคลื่อนที่ได้จะประกอบด้วยตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดn x n โดยที่ n แทน จำนวนประเภท

ของสิ่งปกคลุมดินที่ได้การจำแนกข้อมูลภาพโดยมีชนิดของลักษณะการปกคลุมของเรือนยอดด้วยจากปัจจัยตัวแปรเชิงปริมาณของ คุณภาพเชื้อเพลิงและค่าดัชนีความหลากหลายของพืชพรรณจากแปลงมาตรฐานที่ได้จากการออกสำรวจภาคสนาม

3.3.1 ประเมินพฤติกรรมไฟป่า (fire forest behavior) ในศึกษาครั้งนี้เป็นการประเมินพฤติกรรมของไฟปัจจัยตัวแปรเชิงปริมาณของคุณภาพพฤติกรรมไฟป่าในบริเวณพื้นที่ป่าเบญจพรรณเกิดเผาไหม้จากไฟป่าแล้ว 24 ชั่วโมงจากปัจจัยอัตราการลุกลาม (rate of fire spread) มีความรุนแรงของไฟ (fire intensity) ที่สามารถประเมินได้จากลักษณะการปกคลุมของเรือนยอดและค่าดัชนีความหลากหลายของพืชพรรณเนื่องจากเป็นปัจจัยตัวแปรเชิงปริมาณที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปัจจัยเกี่ยวกับเชื้อเพลิงจากภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงของบริเวณพื้นที่ป่าเบญจพรรณเกิดเผาไหม้จากไฟป่าแล้ว 24 ชั่วโมง แปลงมาตรฐานขนาด 40 X40 เมตรจำนวน 4 แปลง และคุณภาพเชื้อเพลิงจากค่าดัชนีความปกคุลมพื้นที่ของเรือนยอดไม้ของเรือนยอดชั้นบนสุด (top canopy) ของพื้นที่ป่าไม้ที่ทีการการปกคลุมของเรือนยอดของ ยืนต้นไม่มีการเผาไหม้ในพื้นที่ศึกษาจากภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงจากอากาศยานไร้นักบินขนาดเล็กแปลงมาตรฐานขนาดขนาด10 X10 เมตร จำนวน 6 แปลง จากการประเมินพื้นที่การปกคลุมของเรือนยอด (crown cover) ลักษณะการปกคลุมของเรือนยอด (Crown cover characteristics) สร้างเป็นดัชนีการปกคลุมของเรือนยอด (Crown Area Index : CA index and Crown Cover Index : CC Index)การเตรียมข้อมูลเชิงพื้นที่โดยการนำเข้าข้อมูลพื้นที่ป่าที่ได้จาก ในรูปแบบของราสเตอร์รูปแบบตารางกริด (Grid Raster File) ขนาด0.18X0.18 เมตรโดยให้ค่าของบริเวณพื้นที่ป่าที่มีการปกคลุมของเรือนยอดของไม้ยืนต้นที่ไม่มีการเผาไหม้มีค่าเท่ากับ 1 ส่วนบริเวณที่ไม่มีการปกคลุมบริเวณพื้นที่ป่าที่มีการปกคลุมของเรือนยอดของไม้ยืนต้นและบริเวณที่ไม่ใช่ป่าและค่าเท่ากับ 0 และประมวลผลในการหาบริเวณพื้นที่ป่าที่มีการปกคลุมของเรือนยอดของไม้ยืนต้นที่ไม่มีการเผาไหม้ และ โดยวิธีการวิเคราะห์แบบ Distance Analysis ตั้งค่าการประมวลผลเป็น Statistics = In-and-Out Distance ข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลจะออกมาเป็นบริเวณพื้นที่ป่าที่มีการปกคลุมของเรือนยอดของไม้ยืนต้นที่ไม่มีการเผาไหม้จะมีค่าบวก(+1) หรือมีผลกระทบในทิศทางเพิ่มขึ้น คิดเป็น ร้อยละต่อพื้นที่แปลงมาตรฐาน ขนาด10 X10เมตร บริเวณพื้นที่ป่าที่มีการปกคลุมของเรือนยอดของไม้ยืนต้นที่มีการเผาไหม้จะมีค่าลบ (-1)และ พื้นที่ลดลงคิดเป็นร้อยละ แปลงมาตรฐาน ขนาด10 X10เมตร บริเวณพื้นที่ป่าที่มีการปกคลุมของเรือนยอดของไม้ยืนต้นที่ไม่มีการเผาไหม้จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณเชื้อเพลิงภายในพื้นที่ถูกไฟป่าทำลายกับบริเวณพื้นที่ป่าที่มีการปกคลุมของเรือนยอดของไม้ยืนต้นที่ไม่มีการเผาไหม้ที่แสดงดัชนีปกคลุมของเรือนยอดชั้นบนสุดดัชนีปกคลุมของเรือนยอดออกเป็น ระดับที่5ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1พื้นที่ป่าที่มีการปกคลุมของเรือนยอดของไม้ยืนต้นที่ไม่มีการเผาไหม้ที่มีปริมาณเชื้อเพลิงคิดเป็นร้อยละ 0 – 20 ของพื้นที่ทั้งหมดระดับที่ 2 พื้นที่ป่าที่มีการปกคลุมของเรือนยอดของไม้ยืนต้นที่ไม่มีการเผาไหม้ที่มีปริมาณเชื้อเพลิง 21 - 40 ของพื้นที่ทั้งหมดระดับที่ 3 พื้นที่ป่าที่มีการปกคลุมของเรือนยอดของไม้ยืนต้นที่ไม่มีการเผาไหม้ที่มีปริมาณเชื้อเพลิง41- 60 ของพื้นที่ทั้งหมดระดับที่ 4 พื้นที่ป่าที่มีการปกคลุมของเรือนยอดของไม้ยืนต้นที่ไม่มีการเผาไหม้ที่มีปริมาณเชื้อเพลิง61-80 ของพื้นที่ทั้งหมด และระดับที่ 5 พื้นที่ป่าที่มีการปกคลุมของเรือนยอดของไม้ยืนต้นที่ไม่มีการเผาไหม้ที่มีปริมาณเชื้อเพลิง100 ของพื้นที่ทั้งหมดและคุณภาพเชื้อเพลิง แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 คุณภาพเชื้อเพลิงสูงคุณภาพเชื้อเพลิงปานกลาง ระดับที่ 2 คุณภาพเชื้อเพลิงต่ำและระดับที่ 3 ไม่เชื้อเพลิงโดย พฤติกรรมไฟป่าการปกคลุมของเรือนยอดของ ยืนต้นไม่มีการเผาไหม้และการปกคลุมของเรือนยอดของไม้ยืนต้นที่มีการเผาไหม้แล้วจึงสร้างแบบจำลองพฤติกรรมไฟป่า (fire forest behavior Triangle)พื้นที่ป่าเบญจพรรณเกิดเผาไหม้จากไฟป่าแล้ว 24 ชั่วโมงจากภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงของบริเวณพื้นที่เกิดไฟป่าดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่2 แสดงแบบจำลองพฤติกรรมไฟป่า (fire forest behavior Triangle) ที่สร้างขึ้นจากจากภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงของบริเวณพื้นที่เกิดไฟป่าของพื้นที่ป่าเบญจพรรณเกิดเผาไหม้จากไฟป่าแล้ว 24 ชั่วโมง



3.3.2. ประเมินพื้นที่เผาไหม้ (burnt scar) จากแปลงมาตรฐานในบริเวณพื้นที่ป่าเบญจพรรณเกิดเผาไหม้จากไฟป่าแล้ว 24 ชั่วโมง ขนาด40X40 เมตรจำนวน 4 แปลง และ แปลงถาวร ขนาด10X10เมตรจำนวน 6แปลง ด้วยการจำแนกค่าความแตกต่างของดัชนีการเผาไหม้ (Difference Normalized Burn Ratio; DifNBR)ที่คำนวณจากภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงในแนวดิ่งบินที่ความสูง100 จากระดับพื้นดินจากอากาศยานไร้นักบินขนาดเล็กเมตร มีค่าความละเอียดเชิงพื้นที่ขนาด 0.18 เมตร มาตราส่วน 1: 500ที่กำหนดจากระดับความแตกต่างของดัชนีการเผาไหม้ จากความเป็นเนื้อเดียวกันของพื้นผิว (Homogeneous)จากภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงจำแนกชั้นข้อมูลด้วยวิธีการแปลความหมายแบบไม่กำกับควบคุม(Unsupervised classify) ร่วมกับการแปลความหมายด้วยสายตาและการสำรวจข้อมูลจากภาคสนาม โดยการศึกษาครั้งนี้ได้แบ่งดัชนีการเผาไหม้ของจากลักษณะของเปลวไฟ (Flaming fire) หรือในบริเวณที่ไฟยังครุกกรุ่น (Smoldering fire) จากแปลงมาตรฐาน ขนาด10X10 เมตรขนาดประมาณ 100 ตารางเมตร แบ่งได้เป็น5ระดับ ได้แก่ระดับที่ 1คือระดับพื้นที่มีการเผาไหม้คิดเป็นร้อยละ 1- 20 ของพื้นที่ทั้งหมดระดับที่ 2 คือพื้นที่มีการเผาไหม้คิดเป็นร้อยละ 21- 40 ของพื้นที่ทั้งหมด ระดับที่ -3 คือพื้นที่มีการเผาไหม้คิดเป็นร้อยละ 41- 60 ของพื้นที่ทั้งหมดระดับที่ 4 คือพื้นที่มีการเผาไหม้คิดเป็นร้อยละ 61-80 ของพื้นที่ทั้งหมดและระดับที่ 5 คือพื้นที่มีการเผาไหม้ของคิดเป็นร้อยละ 100พื้นที่ทั้งหมดดังแสดงในภาพที3

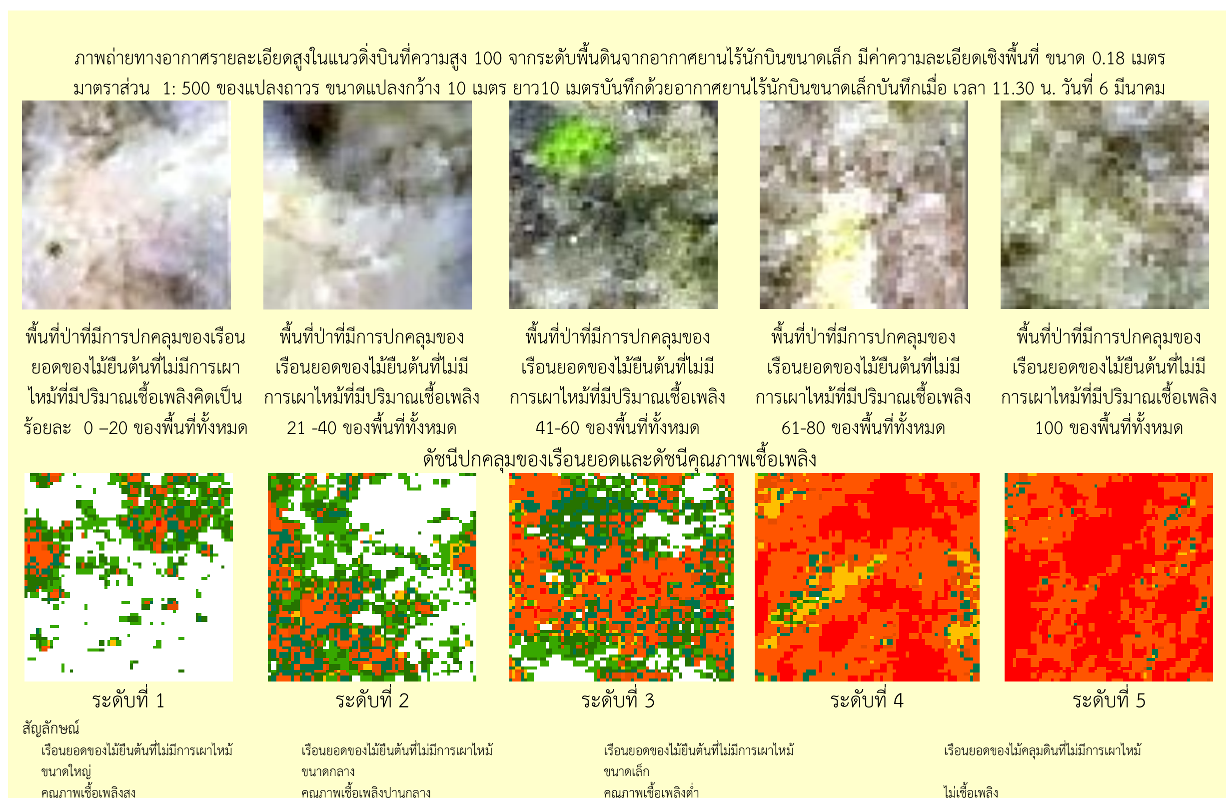


ที่มา: ภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงของบริเวณพื้นที่ป่าเบญจพรรณเกิดเผาไหม้จากไฟป่าแล้ว 24 ชั่วโมง จากอากาศยานไร้นักบินขนาดเล็กที่มีการบินถ่ายภาพในแนวดิ่งที่ตั้งฉากกับพื้นโลกที่ความสูง 100 เมตรจากระดับพื้นดินที่มีค่าความละเอียดเชิงพื้นที่ ขนาด 0.18 เมตร มาตราส่วน 1: 500 ของแปลงมาตรฐานขนาด 10 X10 เมตรบันทึกด้วยอากาศยานไร้นักบินขนาดเล็กบันทึกเมื่อ เวลา 11.30 น. วันที่ 6 มีนาคม

ภาพที่ 3แสดงการจำแนกระดับพื้นที่เผาไหม้ยอดของพื้นที่ป่าเบญจพรรณเกิดเผาไหม้จากไฟป่าแล้ว 24 ชั่วโมงจากแปลงศึกษาขนาด 10 X10 เมตร

4. ผลการวิจัย

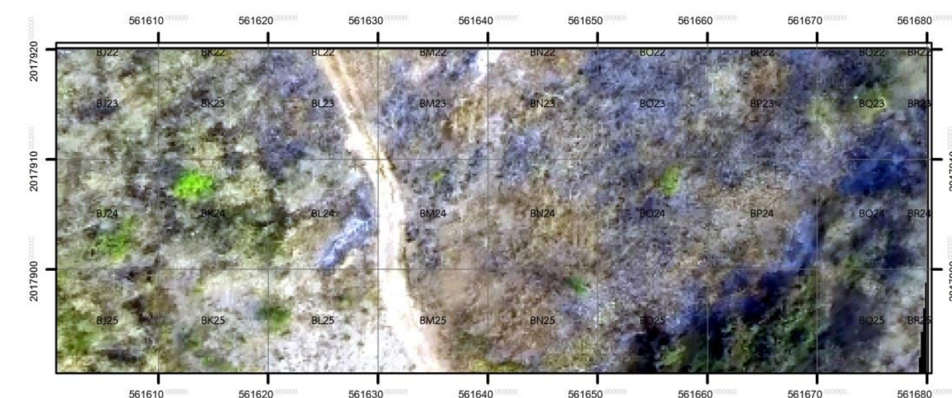
4.1 ผลจากการประเมินและจำแนกดัชนีคุณภาพเชื้อเพลิงและดัชนีปกคลุมของเรือนยอดของพื้นที่ป่าเบญจพรรณเกิดเผาไหม้จากไฟป่าแล้ว 24 ชั่วโมงในพื้นที่ศึกษาสามารถจำแนกค่าดัชนีคุณภาพเชื้อเพลิงและดัชนีปกคลุมของเรือนยอดได้เป็น 5 ระดับ โดยมีผลลัพธ์ของการประเมินค่าความถูกต้องเชิงพื้นที่และดัชนีการเผาไหม้ของจากลักษณะของเปลวไฟและในบริเวณที่ไฟยังครุกกรุ่นจากแปลงมาตรฐาน ขนาดกว้าง 10 เมตร ยาว10 เมตรหรือ100 ตารางเมตรและ 40X40 เมตรขนาดหรือ1600 ตารางเมตรการสร้างเมตริกความคลาดเคลื่อนเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการจำแนกกับแผนที่อ้างอิงที่พิจารณาตำแหน่งพิกัดเดียวกับข้อมูลได้จากการแปลภาพและจากการออกสำรวจภาคสนาม พบว่า ระดับที่มีค่าความถูกต้องมากที่สุด คือ ระดับที่ 5 คือพื้นที่มีการเผาไหม้ของคิดเป็นร้อยละ 100พื้นที่ทั้งหมดมีค่าความถูกต้องร้อยละ 92.25 รองลงมาคือ ระดับที่ 4 คือพื้นที่มีการเผาไหม้คิดเป็นร้อยละ 61-80 ของพื้นที่ทั้งหมดมีค่าความถูกต้องร้อยละ 89.4 ระดับที่ 3 คือพื้นที่มีการเผาไหม้คิดเป็นร้อยละ 41- 60 ของพื้นที่ทั้งหมดมีค่าความถูกต้องร้อยละ 86.1 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 2 คือพื้นที่มีการเผาไหม้คิดเป็นร้อยละ 21- 40 ของพื้นที่ทั้งหมดมีค่าความถูกต้องร้อยละ 85.21 และระดับที่ 1 คือระดับพื้นที่มีการเผาไหม้คิดเป็นร้อยละ 1- 20 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าความถูกต้องที่ร้อยละ 81.2 ตามลำดับ และภาพรวมของ ค่าความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 86.83 ดังแสดงในภาพที4



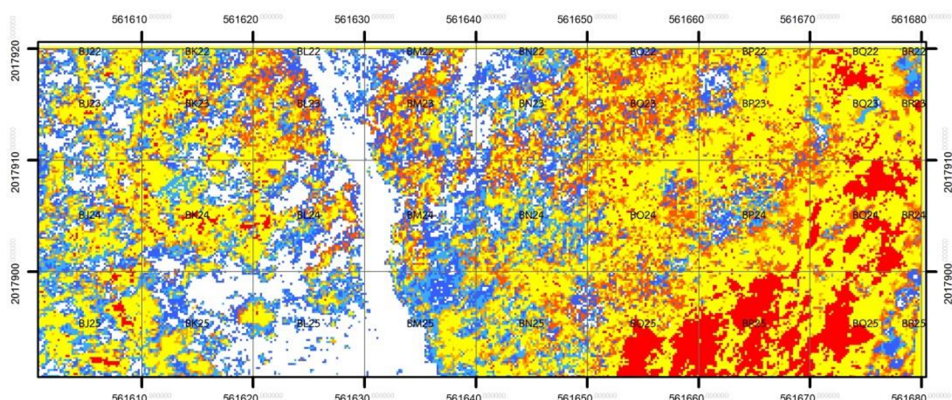
ที่มา: ภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงของบริเวณพื้นที่ป่าเบญจพรรณเกิดเผาไหม้จากไฟป่าแล้ว 24 ชั่วโมง จากอากาศยานไร้นักบินขนาดเล็กที่มีการบินถ่ายภาพในแนวดิ่งที่ตั้งฉากกับพื้นโลกที่ความสูง 100 เมตรจากระดับพื้นดินที่ค่าความละเอียดเชิงพื้นที่ ขนาด 0.18 เมตร มาตราส่วน 1: 500 ของแปลงถาวร ขนาดแปลง 10 X10 เมตรบันทึกด้วยอากาศยานไร้นักบินขนาดเล็กบันทึกเมื่อ เวลา 11.30 น. วันที่ 6 มีนาคม

ภาพที่4แสดงการจำแนกดัชนีคุณภาพเชื้อเพลิงและดัชนีปกคลุมของเรือนยอดและดัชนีคุณภาพเชื้อเพลิงของไฟป่าจากแปลงศึกษามาตรฐานขนาด10 X10 เมตร

4.2 ผลลัพธ์ของแบบจำลองพฤติกรรมไฟป่าที่สร้างขึ้นจากจากภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงของบริเวณพื้นที่เกิดไฟป่าของพื้นที่ป่าเบญจพรรณที่การเกิดเผาไหม้จากไฟป่าแล้ว 24 ชั่วโมงที่ประเมินพื้นที่เผาไหม้ของไฟป่าโดยการจำแนกระดับพื้นที่เผาไหม้จากอัตราการลุกลามและมีความรุนแรงของไฟป่าสามารถ รูปแบบการเผาไหม้ของไฟป่าของพื้นที่ศึกษา ผลลัพธ์ของแบบจำลองพฤติกรรมไฟป่าประเมินพื้นที่เผาไหม้ของไฟป่าโดยการจำแนกระดับความรุนแรงและอัตราการลุกลามของพื้นที่เผาไหม้ ต่อหน่วยพื้นที่ของพื้นที่ป่าเบญจพรรณในพื้นที่ศึกษามีพื้นที่เผาไหม้ไฟป่าคิดเป็นร้อยละ43.38 ของพื้นที่เผาไหม้ของไฟป่าหรือ 866.62 ตารางเมตรโดยมีรูปแบบของการเผาไหม้ของไฟป่าสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 พบว่า ความรุนแรงและการลุกลามระดับที่ 2 มีอัตราความรุนแรงปานกลางมีพื้นที่มีการเผาไหม้ที่ทำลายพื้นที่ป่าไม้คิดเป็นร้อยละ 21- 40 ของพื้นที่ทั้งหมด ครอบคลุมพื้นที่ 495.16 ม^{2}คิดเป็นร้อย57.16 ของพื้นที่ทั้งหมดมีการเผาไหม้ รองลงมาคือ ความรุนแรงและการลุกลามระดับที่ 5 มีอัตราความรุนแรงสูงมากที่สุดมีพื้นที่มีการเผาไหม้ที่ทำลายพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมดครอบคลุมพื้นที่ 156.90 ม^2 คิดเป็นร้อย 18.11 ของพื้นที่ทั้งหมดมีการเผาไหม้ ความรุนแรงและการลุกลามระดับที่ 1 คือ มีพื้นที่มีการเผาไหม้คิดเป็นร้อยละ 1- 20 ของพื้นที่ทั้งหมดมีอัตราการครอบคลุมพื้นที่ต่อตำแหน่งที่ตรวจพบลุกลามมากที่สุดคือ มีพื้นที่เผาไหม้ของไฟป่าครอบคลุมพื้นที่ 154.81ม^{2}คิดเป็นร้อย 17.87ของพื้นที่ทั้งหมดมีการเผาไหม้ ระดับที่ 1 คือ มีพื้นที่มีการเผาไหม้คิดเป็นร้อยละ 1- 20 ของพื้นที่ทั้งหมดมีอัตราการครอบคลุมพื้นที่ต่อตำแหน่งที่ตรวจพบลุกลามมากที่สุดคือ มีพื้นที่เผาไหม้ของไฟป่าครอบคลุมพื้นที่ 154.81ม^{2}คิดเป็นร้อย 17.87ของพื้นที่ทั้งหมดมีการเผาไหม้ ระดับที่ 4 มีอัตราความรุนแรงสูงมีพื้นที่มีการเผาไหม้ที่ทำลายพื้นที่ป่าไม้คิดเป็นร้อยละ 61-80 ของพื้นที่ทั้งหมดครอบคลุมพื้นที่ 56.58 ม^{2}คิดเป็นร้อย 6.53 ของพื้นที่ทั้งหมดมีการเผาไหม้และระดับที่ 3 มีอัตราความรุนแรงสูงมีพื้นที่มีการเผาไหม้ที่ทำลายพื้นที่ป่าไม้คิดเป็นร้อยละ 41- 60 ของพื้นที่ทั้งหมดครอบคลุมพื้นที่ 0.37 ม^{2}คิดเป็นร้อย 0.29 ของพื้นที่ทั้งหมดมีการเผาไหม้ตามลำดับ 2ดังแสดงในภาพที่ 5 และภาพที่ 6 และตารางที่1



ภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงในแนวดิ่งบินที่ความสูง 100 จากระดับพื้นดินจากอากาศยานไร้นักบินขนาดเล็ก มีค่าความละเอียดเชิงพื้นที่ ขนาด 0.18 เมตร มาตราส่วน 1: 500 ของเพื่อการจำแนกระดับพื้นที่เผาไหม้ เพื่อการวิเคราะห์และคำนวณพื้นที่เผาไหม้ (burnt scar) ต่อพื้นที่ 100 ตร.ม. จากแปลงมาตรฐาน ขนาดกว้าง 10 เมตรยาว10 เมตรจำนวน 24 แปลงบันทึกเมื่อ เวลา 11.30 น. วันที่ 6 มีนาคม



สัญลักษณ์

พื้นที่เผาไหม้

Value

- ระดับ 3 พื้นที่ไม่มีการเผาไหม้ลักษณะของเปลวไฟ
- ระดับ2 พื้นที่ไม่มีการเผาไหม้ลักษณะไฟยังคุกรุ่น
- ระดับ 1 พื้นที่ไม่มีการเผาไหม้แต่ดับสนิทไปแล้ว
- ระดับ 0 พื้นที่ไม่มีการเผาไหม้

แสดงพื้นที่พืชพรรณที่ได้รับผลกระทบจากการเผาไหม้

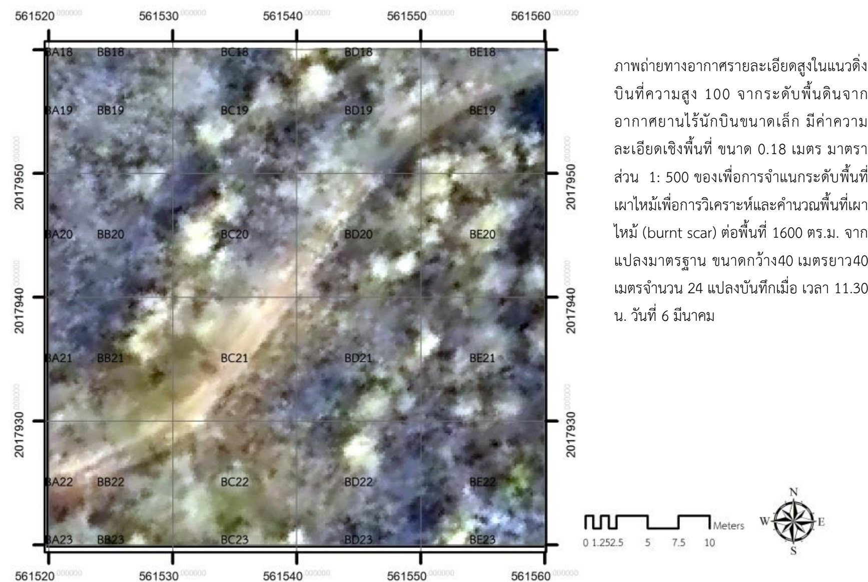
Value

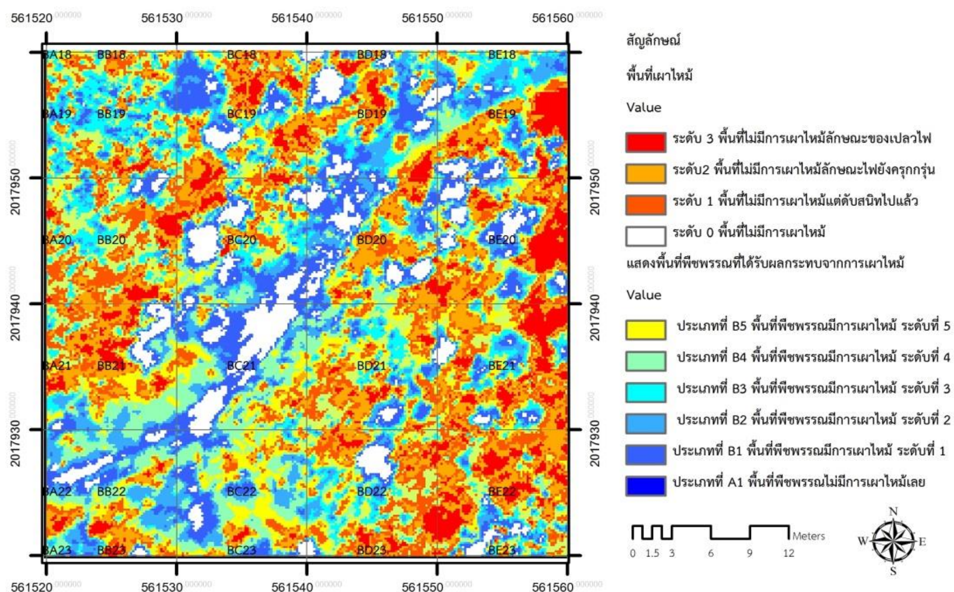
- ประเภทที่ B5 พื้นที่พืชพรรณมีการเผาไหม้ ระดับที่ 5
- ประเภทที่ B4 พื้นที่พืชพรรณมีการเผาไหม้ ระดับที่ 4
- ประเภทที่ B3 พื้นที่พืชพรรณมีการเผาไหม้ ระดับที่ 3
- ประเภทที่ B2 พื้นที่พืชพรรณมีการเผาไหม้ ระดับที่ 2
- ประเภทที่ B1 พื้นที่พืชพรรณมีการเผาไหม้ ระดับที่ 1
- ประเภทที่ A1 พื้นที่พืชพรรณไม่มีการเผาไหม้เลย

Meters
0 1.252.5 5 7.5 10
N W E S

ที่มา: ภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงของบริเวณพื้นที่ป่าเบญจพรรณเกิดเผาไหม้จากไฟป่าแล้ว 24 ชั่วโมง จากอากาศยานไร้นักบินขนาดเล็กที่มีการบินถ่ายภาพในแนวดิ่งที่ตั้งฉากกับพื้นโลกที่ความสูง 100 เมตรจากระดับพื้นดินที่ค่าความละเอียดเชิงพื้นที่ ขนาด 0.18 เมตร มาตราส่วน 1: 500

ภาพที่ 5แสดงผลลัพธ์ของแบบจำลองพฤติกรรมไฟป่าประเมินพื้นที่ที่มีการเผาไหม้จากไฟป่าโดยการจำแนกระดับความรุนแรงและอัตราการลุกลามของพื้นที่ในบริเวณแปลงศึกษาขนาด 10X10 เมตร





ที่มา: ภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงของบริเวณพื้นที่ป่าเบญจพรรณเกิดเผาไหม้จากไฟป่าแล้ว 24 ชั่วโมง จากอากาศยานไร้นักบินขนาดเล็กที่มีการบินถ่ายภาพในแนวดิ่งที่ตั้งฉากกับพื้นโลกที่ความสูง 100 เมตรจากระดับพื้นดินที่ค่าความละเอียดเชิงพื้นที่ ขนาด 0.18 เมตร มาตราส่วน 1: 500

ภาพที่ 6 แสดงผลลัพธ์ของแบบจำลองพฤติกรรมไฟป่าประเมินพื้นที่เผาไหม้ของไฟป่าโดยการจำแนกระดับความรุนแรงและอัตราการลุกลามของพื้นที่เผาไหม้ในบริเวณแปลงศึกษาขนาด 40X40 เมตร

ตารางที่ 1 แสดงสรุปผลลัพธ์ของแบบจำลองพฤติกรรมไฟป่าประเมินพื้นที่เผาไหม้ของไฟป่าจากการจำแนกระดับความรุนแรง และอัตราการลุกลามของพื้นที่เผาไหม้ ต่อหน่วยพื้นที่ของพื้นที่ป่าเบญจพรรณในพื้นที่ศึกษา

ระดับความรุนแรงของการเผาไหม้ของไฟป่า	ตำแหน่งแห่งที่ตรวจพบ	Minimum	Maximum	Sum	Mean	Standard Deviation
ระดับที่ 1	204	0.21	54.50	154.81	0.76	4.41
ระดับที่ 2	365	0.02	199.89	495.16	1.36	1.36
ระดับที่ 3	324	0.02	3.18	3.18	0.29	0.37
ระดับที่ 4	335	0.02	1.25	56.58	0.17	0.16
ระดับที่ 5	556	0.02	6.69	156.90	0.28	0.44
รวม	1,784					

หมายเหตุ

พื้นที่ศึกษาทั้งหมด 2,400 ม^2 ตัดบริเวณพื้นที่โล่งที่ไม่มีการปกคลุมพืชพรรณออก 402.37 ม^2 คิดเป็นร้อยละ 43.38 ของพื้นที่ศึกษาทั้งหมดครอบคลุมพื้นที่1997.63 ม^{2}แสดงผลการประเมินพื้นที่เผาไหม้ของไฟป่าโดยการจำแนกระดับพื้นที่เผาไหม้เพื่อประเมินพื้นที่เผาไหม้จากอัตราการลุกลาม (rate of fire spread) มีความรุนแรงของไฟ

ระดับที่ 1มีอัตราความรุนแรงต่ำมีพื้นที่มีการเผาไหม้ที่ทำลายพื้นที่ป่าไม้คิดเป็นร้อยละ 1- 20 ของพื้นที่ทั้งหมด

ระดับที่ 2 มีอัตราความรุนแรงปานกลางมีพื้นที่มีการเผาไหม้ที่ทำลายพื้นที่ป่าไม้คิดเป็นร้อยละ 21- 40 ของพื้นที่ทั้งหมด

ระดับที่ -3มีอัตราความรุนแรงสูงมีพื้นที่มีการเผาไหม้ที่ทำลายพื้นที่ป่าไม้คิดเป็นร้อยละ 21- 40 ของพื้นที่ทั้งหมด 41- 60 ของพื้นที่ทั้งหมด

ระดับที่ 4 มีอัตราความรุนแรงสูงมีพื้นที่มีการเผาไหม้ที่ทำลายพื้นที่ป่าไม้คิดเป็นร้อยละ 61-80 ของพื้นที่ทั้งหมด

ระดับที่ 5มีอัตราความรุนแรงสูงมากที่สุดมีพื้นที่มีการเผาไหม้ที่ทำลายพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด

5. วิจารณ์ผลและสรุปผล...

5.1 ผลจากการประเมินและจำแนกดัชนีคุณภาพเชื้อเพลิงและดัชนีปกคลุมของเรือนยอดของพื้นที่ป่าเบญจพรรณเกิดเผาไหม้จากไฟป่าแล้ว 24 ชั่วโมงในพื้นที่ศึกษาสามารถจำแนกค่าดัชนีคุณภาพเชื้อเพลิงและดัชนีปกคลุมของเรือนยอดจากแปลงมาตรฐาน ขนาดกว้าง 10 เมตร ยาว10 เมตรหรือ100 ตารางเมตร และ 40X40 เมตรจากการประเมินค่าความถูกต้องเชิงพื้นที่และดัชนีการเผาไหม้ของจากลักษณะของเปลวไฟและในบริเวณที่ไฟยังครุกกรุ่นมีค่าระดับที่มีค่าความถูกต้องมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 81.2 จนถึง 92.25 ของพื้นที่ทั้งหมดแต่พบว่าค่าความถูกต้องของดัชนีการเผาไหม้ และคุณภาพเชื้อเพลิงจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงอยู่กับการกำหนดค่ากระดับความแตกต่างหรือความเป็นเนื้อเดียวกันของพื้นผิวมากที่สุด ดังนั้นจึงต้องให้ความสำคัญกับคุณภาพของภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงเป็นสำคัญที่สุด

5.1 ผลจากการจำแนกค่าความแตกต่างของดัชนีการเผาที่ประเมินจากภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงพบว่าสามารถกำหนด พบว่าผลลัพธ์ของแบบจำลองพฤติกรรมไฟป่าที่สร้างขึ้นจากของบริเวณพื้นที่เกิดไฟป่าของพื้นที่ป่าเบญจพรรณเกิดเผาไหม้จากไฟป่าแล้ว 24 ชั่วโมงนั้นพบว่าสามารถประเมินพื้นที่เผาไหม้ของไฟป่าจะขึ้นอยู่กับอัตราการลุกลามและมีความรุนแรงของไฟป่าที่ประเมินได้จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับ คุณภาพเชื้อเพลิงและความคลาดเคลื่อนของดัชนีปกคลุมของเรือนยอดขึ้นอยู่กับคุณภาพของภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูง

เอกสารอ้างอิง

สุชาติ โภชฌงค์.(2553).**การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยไฟป่าในประเทศไทย**.กล่มงานปฏิบติการภมิสารสนเทศส่วนภมูสิารสนเทศ สำนักฟื้นฟูและพัฒนาพื้นทที่อนุรักษ์กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืชRetrieved เมษายน 15, 2557from: http://www.dnp.go.th/forestfire/2553/forest%20fire%20assessment.pdf

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน).(2558).**คู่มือการใช้ข้อมูลภูมิสารสนเทศ.** สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) .กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

Andrew D. Pierce, Calvin A. Farris, Alan H. Taylor.(2012).Use of random forests for modeling and mapping forest canopy fuels for fire behavior analysis in Lassen Volcanic National Park, California, USA. **Forest Ecology and Management**, Volume 279, 1 September 2012, Pages 77-89

Claudia F. Cáceres.(2011). Using GIS in Hotspots Analysis and for Forest Fire Risk Zones Mapping in the Yeguare Region, .**Southeastern Honduras**. Volume 13, Papers in Resource Analysis. 14 pp.), Retrieved September 26,2015, from:http://www.gis.smumSoutheastern Honduras. Volume 13, Papers in Resource Analysis. 14 pp. n.edu/GradProjects/CaceresC.pdf

Philip E. Dennison, Gregory K. Fryer, Thomas J. Cova.(2014). Identification of firefighter safety zones using lidar. **Modelling & Software**, Volume 59, September 2014, Pages 91-97

XU Dong, Guofan Shao, DAI Limin1, HAO Zhanqing1, TANG Lei4 & WANG Hui5.(2006). Mapping forest fire risk zones withspatial data and principal componentAnalysis.**Science in China: Series E Technological Sciences 2006**, Vol.49 Supp. I 140-Retrieved September 26,2015, from:http://research.iae.ac.cn/web/UploadFiles_6498/200911/2009110211111598.pdf

Shlomit Paz, Yohay Carmel, FarisJahshan, Maxim Shoshany (2011). Post-fire analysis of pre-fire mapping of fire-risk: A recent case study from Mt. Carmel (Israel) **Forest Ecology and Management**, Volume 262, Issue 7, 1 October 2011, Pages 1184-1188

การแยกข้าวที่เป็นโรคและไม่เป็นโรคขอบใบแห้งออกจากกันด้วยเทคนิคการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมของการสำรวจระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัล

BAND SELECTION OF HYPERSPECTRALTECHNIQUEBASE ON A SCENE OF THE EO-1 HYPERION IMAGERY FORSEPARATING RICE WITH AND WITHOUT THE BACTERIAL LEAF BLIGHT DISEASE

ธีรภัทร เลิศปฏิภานพงษ์และ ชัยโชคไวภาษา

TeerapatLertpatipanpongand ChaichokeVaiphasa

ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยถนนพญาไท แขวงวังใหม่ กรุงเทพฯ 10330

Email: bombsk127@gmail.comchaichoke@hotmail.com

บทคัดย่อ

โรคข้าวเป็นสาเหตุสำคัญสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อการลดลงของผลผลิตและคุณภาพของข้าวโดยตรงดังนั้นการบริหารจัดการพื้นที่เสี่ยงและจำกัดการกระจายตัวของโรคจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่สำคัญเนื่องด้วยวิธีการทำการสำรวจในอดีตอาศัยระยะเวลาและแรงงานในการสำรวจสูง ทำให้เทคโนโลยีสำรวจระยะไกลเข้ามามีบทบาทสำคัญในการเข้ามาช่วยจัดการโดยในปัจจุบันมีงานวิจัยที่ใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลเพื่อบริหารจัดการโรคข้าวอยู่น้อยมากรวมไปถึงการสำรวจระยะไกลที่นำมาใช้นั้นยังต้องการการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อยืนยันว่าสามารถใช้งานได้จริง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการทดสอบโดยใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลเพื่อแยกข้าวพันธุ์ กข41 ที่เป็นโรคขอบใบแห้งออกจากบริเวณที่ไม่เป็นโรค โดยอาศัยเทคนิคการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมจากภาพถ่ายดาวเทียมไฮเปอร์เสปกตรัล(EO-1Hyperion)ในการแยกในการทดสอบพบว่าการจำแนกโดยใช้วิธีการเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมให้ค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 88% อย่างไรก็ตามการศึกษาในครั้งนี้ยังเป็นการศึกษาในชั้นต้น โดยแปลงที่ทำการศึกษานั้นมีขนาดเล็กและมีพันธุ์ข้าวแค่ชนิดเดียวจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาต่อเนื่องโดยเพิ่มขนาดของพื้นที่ศึกษา ชนิดของพันธุ์ข้าว และชนิดของโรค เพื่อยืนยันผลการทดลองต่อไป

คำสำคัญ :ข้าว, การสำรวจระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัล,ช่วงคลื่นที่มีความเหมาะสม

ABSTRACT

Rice disease is one of the main reasons of quantity and quality reduction of rice crop. Therefore, managing and limiting the infected area is essential for controlling disease.In the past decade, surveying took high cost and lots of time, According to this, remote sensing is adopted as an important tool for rice disease detection.Recently, there are few research using remote sensing for rice disease management and there still need further studies for validation.This research aimed to classify the RD-41 rice with and without bacterial leaf blight disease by selecting proper bandwidths fromhyperspectral image (EO-1 Hyperion imagery). After applying this method, the result shows that the overall accuracy is up to 88%. However, this is a preliminary study that tests on a small area and a single species of rice. To increase the reliability of this result, the method should be tested on bigger areas and variety of species and diseases.

KEYWORDS : Rice, Remote Sensing, Selection search

1.บทนำ

ข้าว (*Oryza sativa L.*)เป็นพืชหลักชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญสำหรับมนุษย์ โดยเฉพาะในประเทศไทยซึ่งถือเป็นแหล่งเพาะปลูกและส่งออกอันดับต้นๆของโลก ข้าวจึงมีความสำคัญทั้งในด้านอาหาร อาชีพ และเศรษฐกิจของประเทศโรคข้าวจึงถือเป็น

ปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการผลิตข้าวเพื่อการอุปโภคบริโภคและการส่งออก ก่อให้เกิดความเสียหายต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศเฉพาะในประเทศไทยสามารถพบการระบาดของโรคข้าวได้หลายชนิด โดยเฉพาะโรคขอบใบแห้ง (Bacterial Leaf Blight,*Xanthomonasoryzae* pv. *Oryzae*)ซึ่งนับว่าเป็นโรคข้าวที่เป็นปัญหาสำคัญหลักชนิดหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อการลดลงของผลผลิตและคุณภาพของข้าว

ดังนั้นการบริหารจัดการและจำกัดการกระจายตัวของโรคขอบใบแห้งจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่สำคัญ ด้วยเหตุนี้เทคโนโลยีสำรวจระยะไกลจึงก้าวเข้ามามีบทบาทสำคัญเพราะเป็นวิธีการที่ลดระยะเวลาและแรงงานในการทำการสำรวจรวมไปถึงความสามารถในการครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ทำให้สามารถทำการติดตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ได้อย่างต่อเนื่อง โดยในการศึกษาเกี่ยวกับโรคข้าวที่ผ่านมาพบว่ามีการสืบค้นและจำกัดโรคไหม้ในเมล็ด (Panicle Blast , *Magnaportheoryzae*) ของข้าวโดยอาศัยค่าการสะท้อนจากภาพถ่ายทางอากาศและดาวเทียม (Kobayashi et al., 2001) รวมทั้ง(Qin and Zhang, 2005) ได้ใช้การตรวจสอบและสร้างค่าดัชนีบ่งชี้การเป็นโรคที่ใช้ในการตรวจหาโรคกาบใบแห้ง (Sheath blight ,*Rhizoctoniasolani*) โดยอาศัยค่าการสะท้อนของดัชนีพืชพรรณเทียบกับแปลงทดสอบตัวอย่างที่เป็นโรคและทำการตรวจสอบด้วยค่าทางสถิติ เป็นต้น ส่วนเมื่อทำการพิจารณาถึงการตรวจหาโรคขอบใบแห้งในข้าวโดยใช้เทคโนโลยีสำรวจระยะไกลนั้นพบว่ายังไม่เคยมีใครทำการศึกษานี้มาก่อน

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นครั้งแรกที่ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมแบบไฮเปอร์สเปกตรัลร่วมกับเทคนิคการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสม ในการนำเสนอการแยกข้าวที่เป็นโรคขอบใบแห้งพันธุ์ กข41 (RD41) ออกจากข้าวที่ไม่เป็นโรคชนิดนี้ โดยใช้ข้อมูลที่ทำการทดลองเก็บจากพื้นที่ปลูกข้าวหนาแน่นใน อำเภอสรรคบุรี จังหวัดชัยนาท โดยจะทำการตรวจสอบค่าความถูกต้องของการทดลองด้วยข้อมูลทดสอบที่เก็บจากสนาม

2.วัตถุประสงค์

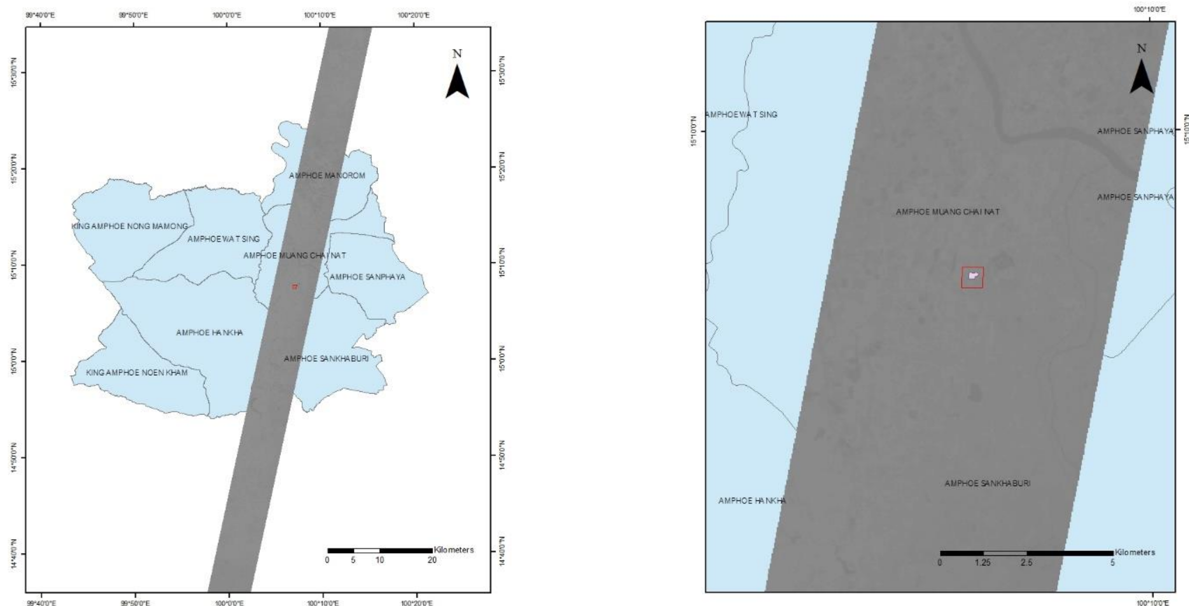
เพื่อแยกข้าวพันธุ์ กข 41 (RD41) ที่เป็นโรคขอบใบแห้งออกจากที่ไม่เป็นโรค โดยใช้เทคนิคการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมของการสำรวจระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัล

3.วิธีการวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ปลูกข้าวหนาแน่นในอำเภอสรรคบุรี จังหวัดชัยนาท (ละติจูด 150° 7’ to15° 08’ N, ลองจิจูด 100° 7’ to 100° 8’ E)ลักษณะเป็นพื้นที่ราบและระบบชลประทานครอบคลุมทั้งพื้นที่ ถือเป็นแหล่งปลูกข้าวที่สำคัญแหล่งหนึ่งของจังหวัดชัยนาทแต่เนื่องจากการทำนาไม่พร้อมกันและมีการทำนาตลอดทั้งปีก่อให้เกิดเป็นแหล่งขยายพันธุ์ของศัตรูพืชและโรคข้าวชนิดต่างๆ

โดยบริเวณที่เป็นโรคขอบใบแห้งมีขนาดประมาณ 14ไร่ และพันธุ์ข้าวที่ปลูกในบริเวณพื้นที่ศึกษาเป็นข้าวพันธุ์ กข41 (RD41)



ภาพที่ 3.1 แสดงบริเวณพื้นที่ศึกษา บริเวณตำบลแพรกศรีราชา อำเภอสรรคบุรี จังหวัดชัยนาท

3.2 ชนิดของพันธุ์ข้าวที่นำมาศึกษา

3.2.1 ข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 (RD41)

ข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 หรือสายพันธุ์ CNT96028-21-1-PSL-1-1 ถือเป็นพันธุ์ข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยว 105 วัน ให้ผลผลิตต่อไร่สูงเหมาะสำหรับปลูกในพื้นที่นาชลประทาน เป็นข้าวที่มีความต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและโรคไหม้สูงแต่ไม่มีความต้านทานต่อโรคขอบใบแห้ง คุณภาพเมล็ดทางกายภาพดี เป็นข้าวเจ้าเมล็ดยาวเรียว คุณภาพการสีดีและสามารถสีเป็นข้าวสาร 100 เปอร์เซ็นต์ได้ โดยเมื่อวันที่ 17 กันยายน 2552คณะกรรมการพิจารณาพันธุ์กรมการข้าว มีมติรับรองพันธุ์ ชื่อ กข41 เพื่อแนะนำให้เกษตรกรปลูก

โดยข้าวในแปลงทดสอบที่นำมาใช้ในการวิจัยนี้พบการเป็นโรคในระยะการออกรวง ซึ่งเป็นระยะที่มีความรุนแรงแรงของโรคสูงและสามารถแพรกระจายได้ จึงเหมาะที่จะใช้เป็นตัวแทนของการแยกโรค

3.3 ภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็น ภาพถ่ายไฮเปอร์สเปกตรัลระบบ Hyperion บนดาวเทียมEO-1ของประเทศสหรัฐอเมริกา ทำการบันทึกภาพเมื่อวันที่ 13 กรกฎาคม 2557โดยมีจำนวนช่วงคลื่นที่สามารถใช้งานได้ 198 ช่วงคลื่นจากจำนวนทั้งหมด 242 ช่วงคลื่น ทำการกำหนดค่าพิกัดภูมิศาสตร์ด้วยวิธีการGeoreferencing บนระบบพื้นหลักฐานอ้างอิงแบบ WGS 1984 บนระบบพิกัด UTM Zone 47 Northโดยไม่ได้ทำการปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงคลื่น (Radiometric correction)

ตารางที่ 3.1 ลักษณะบางประการของภาพถ่ายดาวเทียมระบบ Hyperion (ที่มา: EO-1, USGS, 2010)

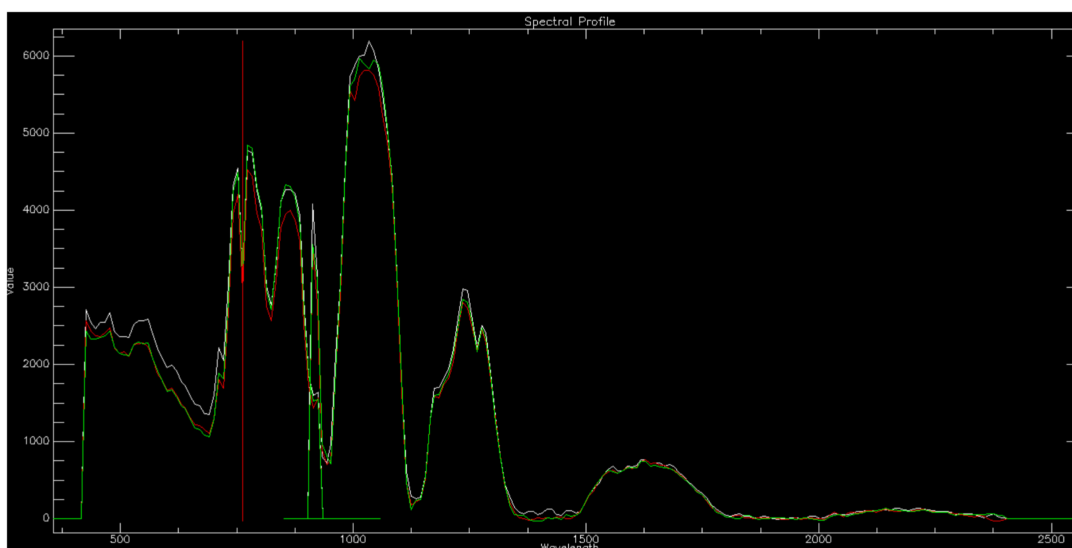
Spectral bands	242 bands (355-2577 nm.)
Bandwidth	10 nm.
Repeat cycle	16 days
Pixel size	30 m.
Land Area per Image	7.7 x 42 **หรือ** 7.7x 185 **ตารางกิโลเมตร**

3.4 การเก็บข้อมูลภาคสนาม

บันทึกค่าจุดกึ่งกลางแปลงตัวอย่างด้วยเครื่องมือรังวัดสัญญาณดาวเทียม GPS ชนิดพกพายี่ห้อ Garmin GPS รุ่น eTrexโดยทำการระบุตำแหน่งและจำกัดบริเวณแปลงที่เป็นโรคและไม่เป็นโรคโดยบันทึกค่าจุดกึ่งกลางแปลงตัวอย่าง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ผ่านการปรับแก้ความถูกต้องโดยใช้หลักการ DGPS (Differential GPS) ซึ่งให้ค่าความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งไม่เกิน 5 เมตร (เฉลิมชนม์สถิระพจน์ 2552)

ตารางที่ 3.1 แสดงจำนวนแปลงตัวอย่างของข้าวที่ใช้ในการศึกษา

ชื่อพันธุ์ข้าว	Training Data(Pixel)	Testing Data (Pixel)
ข้าวพันธุ์ กข41 (บริเวณที่เป็นโรค)	24	24
ข้าวพันธุ์ กข41 (บริเวณที่ไม่เป็นโรค)	36	36
รวม	60	60



ภาพที่ 3.4 แสดงค่าการสะท้อนในแต่ละช่วงคลื่นของข้าวพันธุ์ กข41 (RD - 41) บริเวณที่เป็นโรคและไม่เป็นโรค

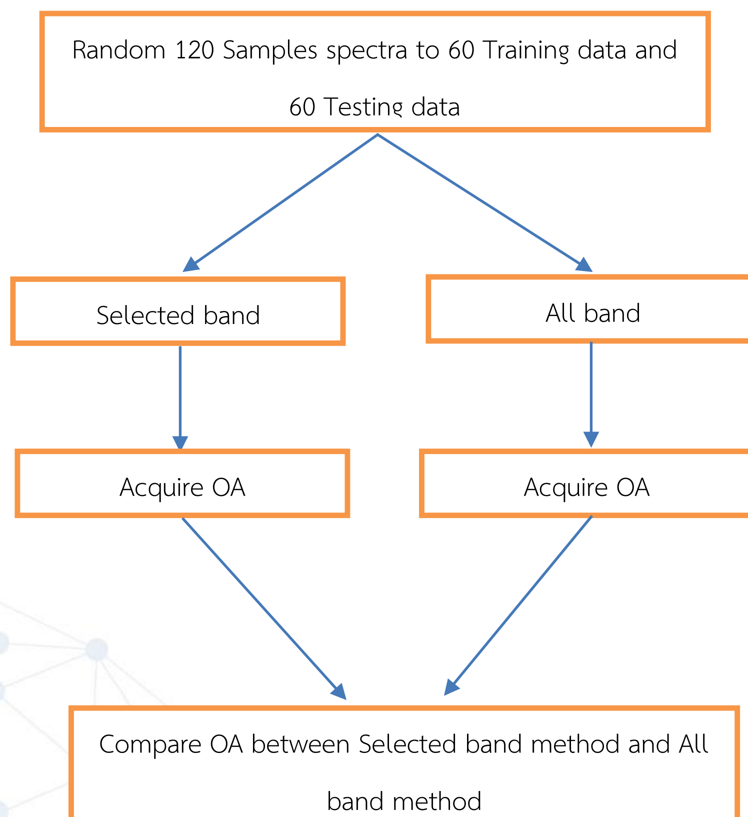
(สีแดง:แสดงค่าการสะท้อนของบริเวณที่เป็นโรค , สีเขียว: แสดงค่าการสะท้อนของบริเวณที่ไม่เป็นโรค)

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้สามารถแสดงรายละเอียดขั้นตอนต่างๆดังนี้

3.5.1 การแยกข้าวพันธุ์ กข41 ที่เป็นโรคขอบใบแห้งออกจากบริเวณที่ไม่เป็นโรค

ในการแยกข้าวพันธุ์ กข41 ที่เป็นโรคขอบใบแห้งออกจากบริเวณที่ไม่เป็นโรคนั้นจะใช้วิธีการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมในการแยกข้าวซึ่งถ้าหากพิจารณาจากภาพที่ 3.4 จะพบว่า ค่าการสะท้อนที่แตกต่างกันของข้าวที่เป็นโรคในแปลงทดสอบเมื่อเทียบกับค่าการสะท้อนที่ได้จากข้าวที่ไม่เป็นโรค มีความแตกต่างกัน โดยเฉพาะในช่วงคลื่น visible และ อินฟาเรด ซึ่งสอดคล้องกับช่วงคลื่นที่แสดงถึงการเป็นโรคที่พบในงานวิจยที่ผ่านมาของ (Kobayashi et al., 2001)ที่ได้ทำการสืบค้นหาช่วงคลื่นที่แสดงถึงบริเวณที่เป็นโรคในข้าวในแปลงทดสอบโดยผลที่ได้จากงานวิจัยนั้นพบว่าช่วงคลื่น visible485 nm และ 675 nm ช่วงคลื่นอินฟาเรดใกล้ 1430 nm ช่วงคลื่น 1910 – 1935 nm และ ช่วงคลื่น 757 – 1039 nm สามารถแสดงลกษณะของการเป็นโรคไหม้ในเมล็ดได้ดีรวมไปถึง (Yang 2009)ค้นพบว่าโรคข้าวจะมีความไวในการเปลี่ยนแปลงของโรคขอบใบแห้งในข้าวในช่วงคลื่น757 – 1039 nm นอกจากนี้ยังมีการใช้ค่าดัชนีบ่งชี้การเป็นโรคกาบใบแห้งในข้าวซึ่งเกิดจากการใช้ช่วงคลื่น visible มาร่วมในการวิเคราะห์ (Qin and Zhang, 2005) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ช่วงคลื่น 485 nm, 675 nm, 757nm, 1039 nm,1430 nm, 1910 nm และ 1935 nmมาเป็นตัวแทนของช่วงคลื่นที่ใช้ในการแยกโดยในงานวิจัยนี้จะทำการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องโดยรวมที่ได้จากการใช้ช่วงคลื่นที่มีความเหมาะสมกับค่าความถูกต้องโดยรวมที่ได้จากการใช้ช่วงคลื่นทั้งหมด ซึ่งรายละเอียดสามารถเขียนเป็นผังงานได้ดังภาพที่ 3.3

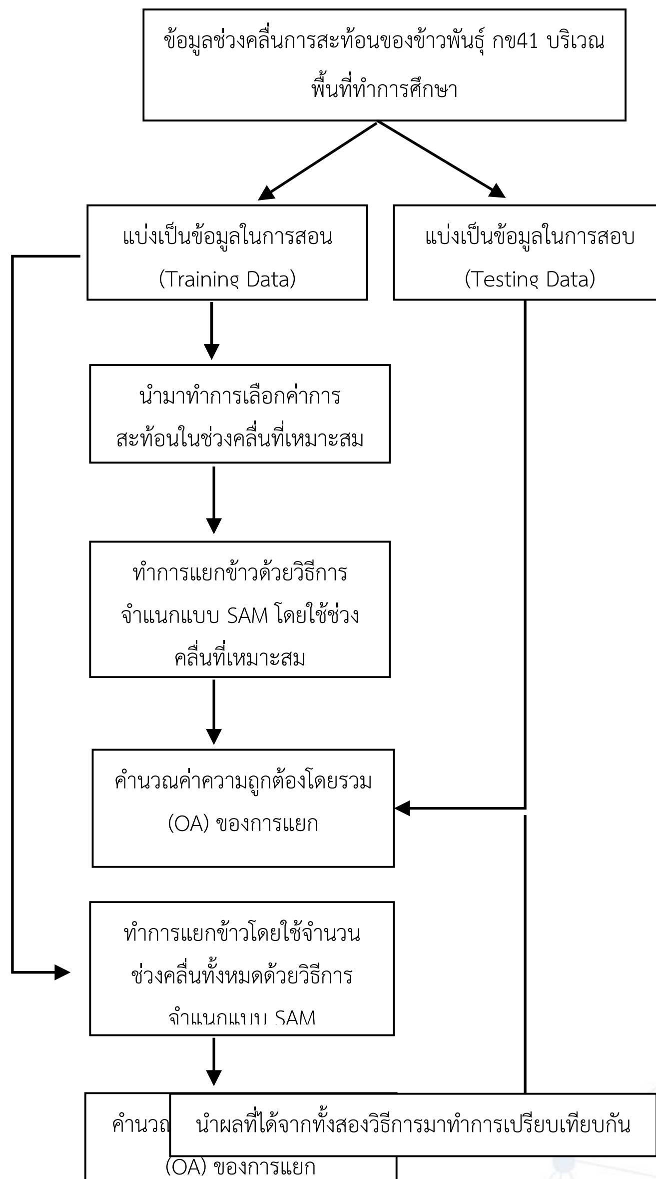


ตารางที่ 3.3แสดงขั้นตอนการเปรียบเทียบวิธีการคัดเลือกช่วงคลื่นของขั้นตอนของการแยกข้าวพันธุ์ กข41 (RD - 41) บริเวณที่เป็นโรคและไม่เป็นโรค

4. ผลการวิจัย

4.1 การเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของการแยกข้าว โดยวิธีการเลือกใช้ช่วงคลื่นที่เหมาะสมในการแยกกับการเลือกใช้จำนวนช่วงคลื่นทั้งหมดในการแยก

ในส่วนนี้จะทำการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องโดยรวมของการแยกข้าวพันธุ์ กข41 (RD41) ที่เป็นโรคและไม่เป็นโรคขอบใบแห้งออกจากกันของทั้งสองวิธีการโดยทำการแยกข้าวที่เป็นโรคและไม่เป็นโรคออกจากกันด้วยการประเมินจากค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) ของข้อมูลในการสอนจากการจำแนกแบบ Spectral Angle Mapper (SAM) ก่อนหลังจากนั้นนำมาทำการเปรียบเทียบกันด้วยค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) ของข้อมูลในการทดสอบจากการจำแนกแบบ SAM โดยเลือกใช้ช่วงคลื่นที่มีความเหมาะสมในการแยกคือช่วงคลื่น 485 nm, 675 nm, 757nm, 1039 nm,1430 nm, 1910 nm และ 1935 nmเปรียบเทียบกับวิธีการเลือกใช้จำนวนช่วงคลื่นทั้งหมดในการแยก(198 bands)โดยเขียนเป็นแผนผังการทำงานดังภาพที่ 4.1 และให้ผลการวิจัยดังตารางที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 แสดงขั้นตอนแผนผังการทำงาน

ตารางที่4.1แสดงค่าความถูกต้องโดยรวมที่ได้จากทั้งสองวิธีการ เมื่อ (a) แสดงถึงค่าความถูกต้องโดยรวมจากการแยกทั้งสองวิธีการ (b) แสดงเมทริกซ์ของค่าความคลาดเคลื่อนจากการแยกของทั้งสองวิธีการ

Compare	No. of Bands	
	Selected Bands	All Bands
Overall Accuracy (OA)	88.3 %	81.6 %

(a)

Class	illness	Not-illness	Producer Acc.	User Acc.
illness	24	11	100	68.5
Not - illness	0	25	69.4	100
Total	24	36		

All bands

Class	illness	Not-illness	Producer Acc.	User Acc.
illness	24	7	100	77.4
Not - illness	0	29	80.5	100
Total	24	36		

Selected Bands

(b)

5. วิจารณ์ผลและสรุปผล

5.1 การแยกข้าวพันธุ์ กข 41 (RD41) ที่เป็นโรคและไม่เป็นโรคขอบใบแห้งออกจากกันของข้อมูลแปลงทดสอบ

หลายงานวิจัยทางด้านการสำรวจระยะไกลของข้าวในปัจจุบันได้พยายามที่จะใช้ค่าการสะท้อนของดัชนีพืชพรรณในช่วงคลื่นต่างๆเพื่อแสดงถึงรูปแบบอัตราการเจริญเติบโตรวมไปถึงโรคของข้าวที่ทำให้ลักษณะของข้าวมีการเปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะในการตรวจหาโรคในข้าวนั้นได้มีการพยายามหาวิธีการที่เหมาะสมที่สามารถนำมาใช้ในการแยกบริเวณที่เป็นโรคและไม่เป็นโรคออกจากกัน ในการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับโรคข้าวค้นพบว่า มีการหาช่วงคลื่นที่เหมาะสมสำหรับการแยกโรคเมล็ดไหม้ (Panicle blast, *Magnaportheoryzae*) (Kobayashi et al., 2001)รวมไปถึงการสร้างดัชนีชี้วัดจากช่วงคลื่นที่แสดงถึงความอ่อนไหวต่อโรคโรคกาบใบแห้ง (Sheath blight , *Rhizoctoniasolani*)ของ(Qin and Zhang, 2005)ซึ่งสามารถบ่งบอกถึงการเป็นโรคได้ อย่างไรก็ตามสำหรับการตรวจหาโรคขอบใบแห้งในข้าวโดยใช้เทคโนโลยีสำรวจระยะไกลนั้นยังไม่เคยมีใครทำการศึกษานี้มาก่อน ดังนั้นงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่าสามารถใช้ข้อมูลภาพถ่ายไฮเปอร์สเปกตรัลร่วมกับเทคนิคการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมที่แสดงถึงการเป็นโรค สามารถแยกข้าวพันธุ์ กข41 (RD41) ที่เป็นโรคและไม่เป็นโรคขอบใบแห้งออกจากกันได้ โดยให้ค่าความถูกต้องโดยรวมเพิ่มขึ้นจาก 81% เป็น 88% เมื่อเทียบกับการเลือกใช้ช่วงคลื่นทั้งหมดในการแยก รวมไปถึงเมื่อพิจารณาค่าความถูกต้องของผู้ใช้งาน (User’s Accuracy) และค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer’s Accuracy) ก็จะพบว่าโดยรวมมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อใช้วิธีการแยกด้วยวิธีการเลือกใช้ช่วงคลื่นที่เหมาะสม

ถึงแม้ว่าผลการแยกที่ได้จะมีค่าความถูกต้องสูงถึง 88% แต่ก็ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของพื้นที่ศึกษาที่นำมาทำการศึกษามีขนาดเล็ก ชนิดของพันธุ์ข้าวที่นำมาทำการศึกษามีเพียงชนิดเดียว รวมไปถึงช่วงระยะเวลาของการเจริญเติบโตของข้าวที่นำมาทำการศึกษามีอยู่เพียงช่วงเวลาเดียว ทำให้ไม่สามารถนำมาใช้เป็นตัวแทนในการแยกที่ดีได้ จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาต่อเนื่องโดยเพิ่มขนาดของพื้นที่ศึกษา พันธุ์ข้าว ระยะเวลาของการเจริญเติบโตและชนิดของโรค เพื่อยืนยันผลการทดลองต่อไป โดยท้ายที่สุดแล้วผู้วิจัยคาดหวังว่าวิธีการที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะสามารถนำไปใช้กับโรคชนิดอื่นๆและพืชชนิดอื่นๆต่อไป

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 จำนวนแปลงตัวอย่างมีขนาดเล็กซึ่งอาจทำให้ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยมีน้อย ทำให้ผลการวิจัยที่ออกมายังไม่สามารถเป็นตัวแทนที่ดีในการแยกได้ ในการวิจัยครั้งต่อไปควรมีการเพิ่มจำนวนแปลงตัวอย่างหรือพื้นที่ศึกษาวิจัยมากกว่านี้

6.2 ระยะของวงการเจริญเติบโตของพืชมีเพียงช่วงระยะเดียว หากทำการศึกษาหรือเพิ่มระยะเวลาของการเก็บข้อมูลตัวอย่างในการทดลอง อาจให้ผลการทดลองที่สามารถแสดงถึงอาการของโรคในช่วงระยะต่างๆของการเจริญเติบโต

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมการข้าว (2555). **องค์ความรู้เรื่องข้าว**,แหล่งข้อมูล:http://www.brrd.in.th/rkb/varieties.html

เฉลิมชนม์สถิระพจน์ (2552) **ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Positioning System: GPS)ในตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสำรสนเทศศาสตร์**, หน้า 218-235.สำนักงานพัฒนาอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) กรุงเทพมหานคร.

ภาษาอังกฤษ

EO-1, USGS. **Sensor-Hyperion** [online]. (2010) Available from:https://eo1.usgs.gov/sensors/hyperion [2015,June 27]

T. Kobayashi, E. Kanda, K. Kitada, K. Ishiguro, and Y. Torigoe. (2001). **Detection of Rice panicle Blast with Multispectral Radiometer and the Potential of Using AirborneMultispectral Scanners**. Phytopathology 91: 316-326

Yang C. M. (2009). **Assessment of the severity of bacterial leaf blight in rice using canopy hyperspectral reflectance**. Precision Agriculture, Published online: 26 May 2009, Springer science and Business Media, LLC 2009

Qin and Zhang. (2005). Detection of rice sheath blight for in-season disease managementusing multispectral remote sensing. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 7:** 115–128, 2005

การศึกษาเปรียบเทียบความถูกต้องการยึดโยงพิกัดทางตรงและทางอ้อมของเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน

Direct and Indirect Georeferencing Accuracy Comparison in Terrestrial Laser Scanner

ณัฐสรณ์ คุปตะวาณิช และ รศ.วิชัย เยี่ยงวีรชน

Nattasorn Kruptawanich and Assoc. Prof. Vichai Yiengveerachon

ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

254 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กทม. 10330

โทรศัพท์: 02-215-3555e-mail: nattasorn822@gmail.com and vichai.y@chula.ac.th

บทคัดย่อ

เครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน (Terrestrial Laser Scanner, TLS) เป็นเครื่องมือรังวัดจุดตำแหน่งพิกัด 3 มิติภาคพื้นดิน ที่ให้ข้อมูลจุดพิกัดจำนวนมากและมีความถูกต้องสูง เรียกว่า พอยท์คลาวด์ (point cloud) ได้ถูกนำมาใช้ในงานทางด้านวิศวกรรม และสถาปัตยกรรม กระบวนการรังวัดมี 2 วิธี คือ การรังวัดยึดโยงพิกัดทางตรง (direct georeferencing) และการรังวัดยึดโยงพิกัดทางอ้อม (indirect georeferencing) บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความถูกต้องของกระบวนการรังวัดวิธีแรกเปรียบเทียบกับกระบวนการรังวัดวิธีที่สองของเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน Topcon GLS-2000 โดยศึกษาถึงผลกระทบที่มีต่อความถูกต้องทางตำแหน่งของข้อมูลพอยท์คลาวด์จากการใช้ค่าพิกัดสถานีTLS ที่ได้จากการรังวัดดาวเทียมแบบ RTK จากสถานีฐาน VRS กรมที่ดินเปรียบเทียบกับค่าพิกัดที่ได้จากการรังวัดด้วยกล้องประมวลผลรวม(Total Station)ความละเอียดสูง การทดสอบประกอบด้วยตำแหน่งสถานีการสแกนทั้งหมด 3 สถานี โดยสแกนพื้นผิวของอาคารที่มีระนาบความลึก ด้วยการตรวจสอบกับค่าพิกัดจุดตรวจสอบจำนวน 30 จุด และทำการทดสอบผลทางสถิติ พบว่ากรณีที่ค่าความถูกต้องของพิกัดสถานีTLS ต่ำกระบวนการการรังวัดยึดโยงพิกัดแบบทางอ้อมให้ค่าความถูกต้องข้อมูลจุดพิกัดพอยท์คลาวด์สูงกว่า และกรณีที่ค่าความถูกต้องพิกัดสถานีTLS สูง จะให้ผลไม่แตกต่างกันระหว่างการรังวัดยึดโยงพิกัดทางตรงและทางอ้อม

คำสำคัญ: เครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน ยึดโยงพิกัด พอยท์คลาวด์

ABSTRACT

Terrestrial laser scanning (TLS) is a ground based instrument to measure the three dimension point of objects. TLS capture a lot of high accuracy spatial points called point cloud which applied in engineering and architecture projects. Measurement procedure of TLS has two methods which are direct georeferencing and indirect georeferencing. The purpose of this paper is to assess the accuracy of the measurement methods between the first and second method of Topcon GLS-2000 TLS. Studying the impact on the accuracy of points cloud by using the control point of TLS station from surveying satellite RTK base station VRS of Land Department, compare with the control point observed by the total station that high accuracy. The experiment sets three TLS stations to scan the building that has a plane of depth. By checking the points cloud with check points of 30 points and showing the statistical test result. The experimental results of the two case compares that the accuracy of control point of TLS station is low while indirect geoferencing has more accuracy than direct geoferencing. And the

accuracy of control point of TLS station is higher than the indirect geoferencing which has as accuracy as direct geoferencing.

KEY WORDS: Terrestrial laser scanner, georeferencing, point cloud

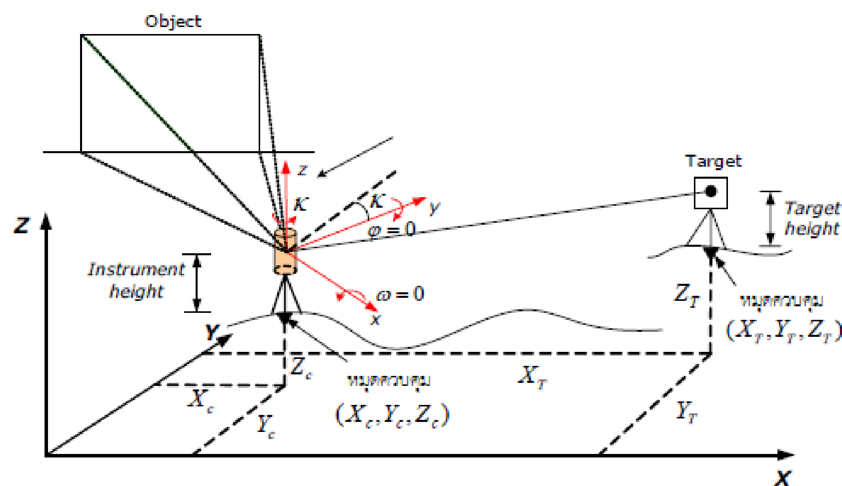
1.บทนำ

ในปัจจุบันเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน (TLS)ถูกนำไปใช้ในงานด้านวิศวกรรมที่มีความถูกต้องสูงเชิงโครงสร้าง การผลิตชิ้นส่วนอุตสาหกรรม และการก่อสร้าง เพื่อออกแบบแม่พิมพ์ในงานดังกล่าว อีกทั้งงานวิศวกรรมตรวจสอบไม่ว่าจะเป็นการตรวจการเคลื่อนตัวของสะพานและสันเขื่อน นอกจากนี้เครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินยังสามารถประยุกต์ใช้ในงานบริหารจัดการอาคาร (Building Information Modeling: BIM) เพื่อจัดสรรรายละเอียดต่างๆภายในอาคาร ส่วนงานด้านสถาปัตยกรรมนั้นเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินเป็นที่นิยมอย่างมากในการตรวจ ปรับปรุงด้านงานอนุรักษ์สถาปัตยกรรม ดังนั้นการศึกษาเปรียบเทียบความถูกต้องของกระบวนการรังวัดด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับกลุ่มงานที่ต้องการข้อมูลที่มีความถูกต้องสูง

2.กระบวนการรังวัดด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน

การศึกษากระบวนการรังวัดด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินและโปรแกรมสำหรับการประมวลผลได้จำแนกกระบวนการรังวัดออกเป็น 2 วิธี คือ การรังวัดยึดโยงพิกัดทางตรง (direct georeferencing) และการรังวัดยึดโยงพิกัดทางอ้อม (indirect georeferencing) โดยแต่ละวิธีมีข้อเปรียบเทียบอยู่หลายประการ แต่สำหรับงานวิจัยนี้จะนำเสนอการเปรียบเทียบความถูกต้องของกระบวนการรังวัดทั้ง 2 วิธี

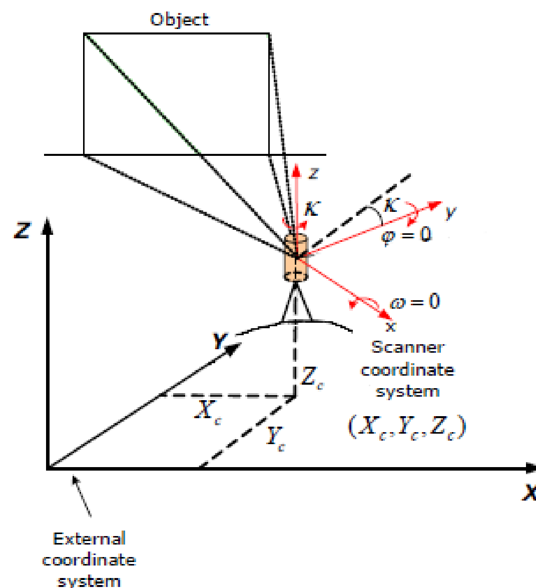
การรังวัดยึดโยงพิกัดทางตรง (direct georeferencing)เป็นการรังวัดที่จำเป็นต้องทราบค่าพิกัดสถานีตั้งเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินและความสูงของจุดกลางการสแกนเหนือจุดตั้งเครื่อง อีกทั้งต้องทราบค่าพิกัดสถานีหลัง (backsight station) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1การรังวัดยึดโยงพิกัดทางตรงY. Reshetyuk

ค่าความถูกต้องสำหรับวิธีนี้ประกอบไปด้วยปัจจัยหลัก 2 ประการคือ1) ค่าความถูกต้องของการติดตั้งเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน2) ความถูกต้องของพิกัดสถานี

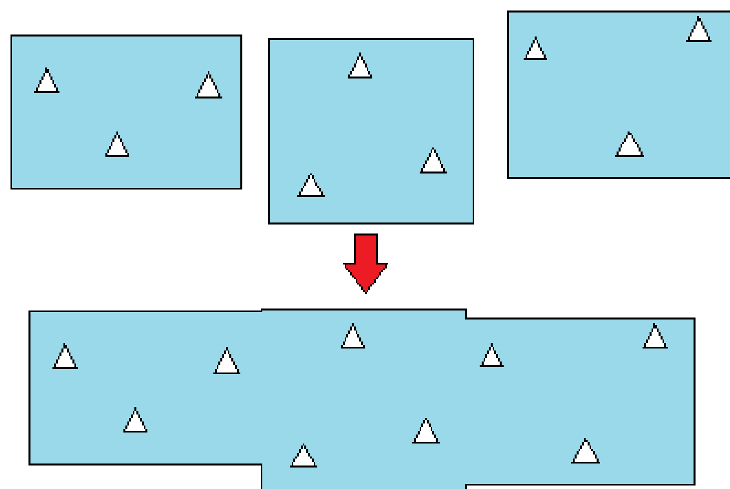
การรังวัดยึดโยงพิกัดทางอ้อม (indirect georeferencing)กระบวนการรังวัดด้วยวิธีนี้จะต้องอาศัยกระบวนการประมวลผลข้อมูลยึดโยงพิกัด 3 มิติ(georeferencing) จากระบบพิกัดของตำแหน่งตั้งเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินไปยังระบบพิกัดโลกตามต้องการ ซึ่งต้องใช้จุดที่ทราบค่าพิกัด (ground control points) ในการประมวลผลดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2การรังวัดยึดโยงพิกัดทางอ้อมY. Reshetyuk

3.การประมวลผลข้อมูลยึดโยงพิกัด 3 มิติ

สำหรับการประมวลผลข้อมูลยึดโยงพิกัด 3 มิติ (georeferencing) เป็นการแปลงค่าพิกัดจากระบบเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินไปยังระบบพิกัดโลก โดยใช้แบบจำลองการแปลงค่าพิกัดในระบบ 3 มิติ (3D Affine transformation) ซึ่งจำเป็นต้องใช้จุดที่ทราบค่าพิกัด (ground control points) สำหรับการประมวลผลข้อมูลยึดโยงพิกัด 3 มิติด้วยจุดที่ทราบค่าพิกัดในแต่ละพอยท์คลาวด์ ดังภาพที่ 3ดังนั้นค่าความถูกต้องของกระบวนการรังวัดทางอ้อมจะขึ้นกับค่าความถูกต้องของจุดที่ทราบค่าพิกัดและความละเอียดของพอยท์คลาวด์



ภาพที่ 3การประมวลผลข้อมูลยึดโยงพิกัด 3 มิติ ในแต่ละพอยท์คลาวด์Y.

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้โปรแกรม Cloud Compare version 2.6.2 ในการโยงยึดค่าพิกัดจากระบบพิกัดของเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินไปยังระบบพิกัดโลก โดยโปรแกรมใช้แบบจำลองการแปลงค่าพิกัดในระบบ 3 มิติ ที่มีจำนวนพารามิเตอร์ทั้งหมด 12 ค่า ดังสมการที่ (1) และจำเป็นต้องมีจุดที่ทราบค่าพิกัด (ground control points)จำนวนอย่างน้อย4 จุด ต่อ 1 พอยท์คลาวด์ แต่ในงานวิจัยนี้ใช้จุดที่ทราบค่าพิกัดจำนวน 9 จุด ต่อ 1 พอยท์คลาวด์ จะมีความเหมาะสมที่สุดสำหรับการรังวัดด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน

$$\begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{bmatrix} + H(\theta_1)H(\theta_2)H(\theta_3) \times S(\lambda_1)S(\lambda_2)S(\lambda_3) \times R(\omega)R(\varphi)R(\kappa) \begin{bmatrix} X_B \\ Y_B \\ Z_B \end{bmatrix} \quad (1)$$

เมื่อ

X_A, Y_Aและ Z_A คือค่าพิกัดในระบบโลก

X_B, Y_Bและ Z_B คือค่าพิกัดในระบบเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน

x_0, y_0และ z_0 คือพารามิเตอร์ของการเลื่อนค่าพิกัดตามแนวแกน

λ_1, λ_2และ λ_3 คือพารามิเตอร์ของมาตราส่วนตามแนวแกน

θ_1,θ_2และθ_3 คือพารามิเตอร์ของการบิดตามแนวแกน

ω, ϕและ κ คือพารามิเตอร์ของการหมุนรอบแกน

4. การประเมินค่าความถูกต้องของเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน

เครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินเป็นเครื่องมือรังวัดที่มีความถูกต้องสูง ทั้งนี้ขึ้นกับระบบพื้นฐานของเครื่องแต่ละรุ่น เนื่องจากเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินนั้นมีสองระบบในการวัดระยะทางได้แก่ การวัดด้วยระยะเวลาในการเดินทางของคลื่นและการวัดเฟสของคลื่น ซึ่งการวัดด้วยเฟสโดยทั่วไปจะมีความถูกต้องสูงกว่าแต่จะมีขอบเขตจำกัดของระยะทาง นอกจากนี้ความถูกต้องของข้อมูลพอยท์คลาวท์จะขึ้นกับความถี่ในการวัดในแต่ละจุดพิกัด สำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้เครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน Topcon รุ่น GLS-2000 วัดระยะทางด้วยการวัดระยะเวลาในการเดินทางของคลื่น สแกนครอบคลุมพื้นที่ 100 เมตร มีความถูกต้องในการวัดมุมราบและมุมดิ่งอยู่ที่ 6 ฟิลิปดา มีระบบชดเชยความเอียงแกนกล้องชนิดสองแกน ±6 ฟิลิปดา และความถูกต้องในการวัดระยะอยู่ที่ 3 มิลลิเมตร สำหรับการสแกนครั้งนี้ตั้งค่าความละเอียดการสแกนอยู่ที่ 3.1 มิลลิเมตร ต่อระยะทาง10 เมตร ดังนั้นเมื่อประเมินความถูกต้องของข้อมูลพอยท์คลาวด์ที่ได้จากเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน Topcon รุ่น GLS-2000 จะอยู่ในระดับ 5 มิลลิเมตร

5. วิธีการวิจัย

5.1 อุปกรณ์ที่ใช้

งานวิจัยนี้ใช้เครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน Topcon รุ่นGLS-2000และกล้องประมวลผลรวม(Total Station) ของ Topconรุ่น DS-101AC

5.2 กรณีศึกษา

เนื่องจากกระบวนการรังวัดด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินมี 2 วิธีคือ การรังวัดยึดโยงพิกัดทางตรง (direct georeferencing) และการรังวัดยึดโยงพิกัดทางอ้อม (indirect georeferencing) ดังนั้นการกำหนดกรณีศึกษาจึงแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่ค่าพิกัดสถานีมีความถูกต้องต่ำ และค่าพิกัดสภานีที่มีความถูกต้องสูง เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของค่ารังวัด

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดพื้นที่การศึกษาในบริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยสแกนเปรียบเทียบผลของอาคาร 1 ด้าน ที่มีระนาบต่างกันดังภาพที่ 4และใช้เครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน Topcon รุ่น GLS-2000 ตั้งค่าการสแกนให้มีความละเอียด 3.1 มิลลิเมตร ต่อระยะทาง 10 เมตร กำหนดสถานีตั้งเครื่องสแกเลเซอร์ภาคพื้นดินทั้ง หมด 3 สถานี

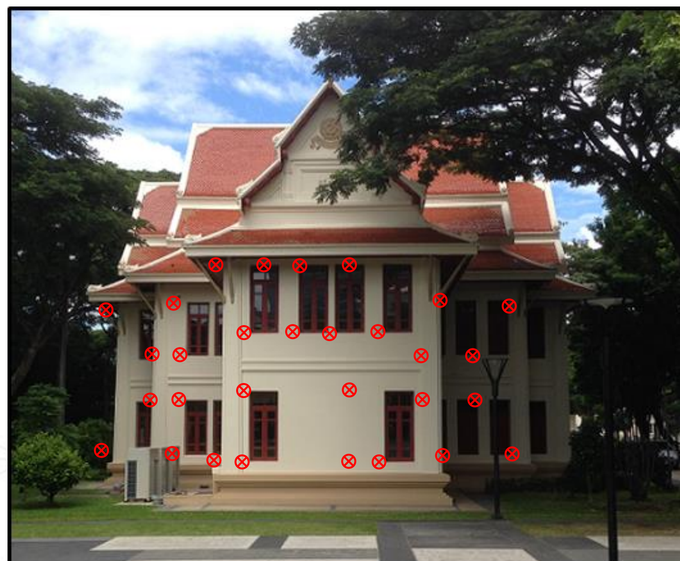


ภาพที่ 4อาคารจักรพงษ์ในบริเวณจุฬาลงกรณ์

กรณีศึกษาที่ 1ก

การรังวัดยึดโยงพิกัดทางตรง (direct georeferencing)

เนื่องจากการรังวัดยึดโยงพิกัดทางตรงเป็นการรังวัดที่ได้ข้อมูลค่าพิกัด 3 มิติได้ทันที ดังนั้นกระบวนการรังวัดจะต้องอาศัยการดำเนินงานสำหรับงานสนามตั้งแต่การทำหมุดควบคุมพิกัดทางราบที่ได้จากการรังวัดดาวเทียมแบบ RTK จากสถานีฐาน Virtual Reference Station (VRS) กรมที่ดินทำให้ค่าความถูกต้องของหมุดควบคุมทางราบอยู่ในระดับ 1 ถึง 3 เซนติเมตร และการทำหมุดควบคุมทางดิ่งจากงานระดับ(Leveling)เพื่อที่จะทราบค่าพิกัดสถานีตั้งเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินและค่าพิกัดสถานีหลัง (back sight station) จากนั้นทำการรังวัดด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินทั้ง 3 สถานีจะได้ข้อมูลจุดพิกัด 3 มิติครอบคลุมพื้นที่ของอาคารที่ต้องการ ในภาพที่ 5 นำข้อมูลพอยท์คลาวด์ที่ได้ไปตรวจสอบกับจุดตรวจสอบ(check points) ที่มีความถูกต้องสูง ในภาพที่ 6 เพื่อแสดงค่าความถูกต้องด้วยค่าคลาดเคลื่อน(root-mean-square error : RMSE)ในตารางที่ 1



ภาพที่ 5จุดตรวจสอบ (check points) จำนวน 30

การรังวัดยึดโยงพิกัดทางอ้อม (indirect georeferencing)

การรังวัดยึดโยงพิกัดทางอ้อมต้องนำข้อมูลจุดพิกัด 3 มิติ ที่รังวัดได้มาจากการประมวลผลข้อมูลยึดโยงพิกัด 3 มิติภายหลังดังนั้นกระบวนการรังวัดด้วยวิธีนี้ไม่จำเป็นต้องทราบค่าพิกัดสถานีตั้งเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินและค่าพิกัดสถานี

หลัง แต่ต้องใช้จุดที่ทราบค่าพิกัด(ground control points) บนอาคารที่มีความถูกต้องสูง ในภาพที่ 6โดยทำการรังวัดด้วยกล้องประมวลผลรวม (Total Station)ของ Topcon รุ่น DS-101ACที่มีค่าความถูกต้องของการวัดมุม 1 ฟิลิปดา ระบบชดเชยความเอียงแกนกล้องชนิดสองแกน ±6 ฟิลิปดาและค่าความถูกต้องในการวัดระยะ 2±2ppmเพื่อใช้สำหรับการประมวลผลข้อมูลยึดโยงพิกัด 3 มิติ ทำให้ข้อมูลเดิมที่ได้จากการสแกนที่เป็นพิกัดของเครื่องสแกนเป็นข้อมูลที่มีระบบพิกัดโลก



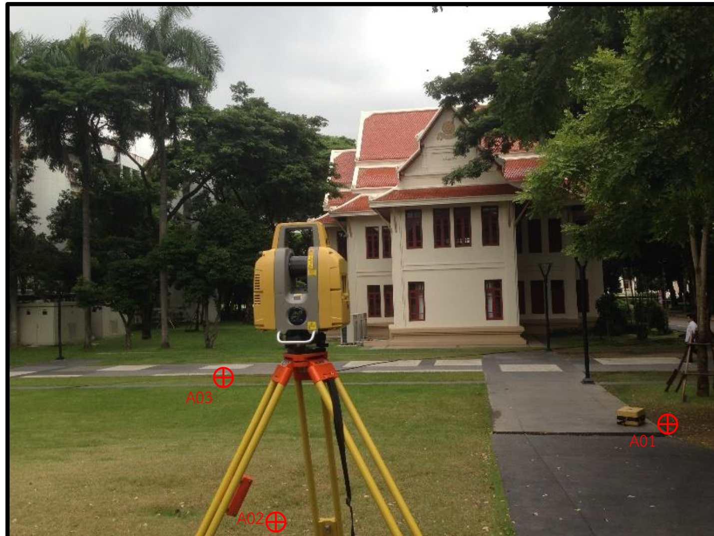
ภาพที่ 6จุดที่ทราบค่าพิกัด (ground control points) จำนวน15

เนื่องจากต้องการรังวัดให้ครอบคลุมพื้นที่อาคารจึงจำเป็นต้องใช้สถานีตั้งเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินทั้งหมด 3 สถานีเช่นเดียวกับการรังวัดยึดโยงพิกัดทางตรง ดังนั้นต้องกำหนดจุดที่ทราบค่าพิกัดบนอาคาร ซึ่งเป็นจุดที่เห็นได้เด่นชัด (well-definedpoints) เป็นจำนวน 9 จุด ต่อ 1 พอยท์คลาวด์ และครอบคลุมสม่ำเสมอทั่วข้อมูลจุดพิกัดเมื่อทำการประมวลผลยึดโยงพิกัดเสร็จเรียบร้อยแล้วนำข้อมูลที่ได้มีตรวจสอบกับจุดตรวจสอบเช่นเดียวกับการรังวัดยึดโยงพิกัดทางตรง และแสดงผลด้วยค่าคลาดเคลื่อน ในตารางที่ 2

<u>กรณีศึกษาที่ 2</u>การเปรียบเทียบความถูกต้องกรณีที่ค่าพิกัดสถานีที่มีความถูกต้องสูง

การรังวัดยึดโยงพิกัดทางตรง (direct georeferencing)

สำหรับในกรณีที่เราสามารถหาค่าหมุดควบคุมทางราบด้วยการทำวงรอบ (traverse) ด้วยกล้องประมวลผลรวม (Total Station) ของ Topcon รุ่น DS-101AC ที่มีค่าความถูกต้องของการวัดมุม 1 ฟิลิปดา ระบบชดความเอียงแกนกล้องชนิดสองแกน ±6 ฟิลิปดา และค่าความถูกต้องในการวัดระยะ 2±2 ppm จะทำให้ค่าพิกัดสถานีสำหรับการตั้งเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินมีความถูกต้องอยู่ในระดับ 3 มิลลิเมตร และการทำหมุดควบคุมทางดิ่งจากงานระดับ (Leveling) ซึ่งมีความถูกต้องอยู่ในระดับเดียวกับกรณีที่ 1 จากนั้นทำข้อมูลที่รังวัดได้จากค่าพิกัดของสถานีใหม่ตรวจสอบกับจุดตรวจสอบให้แสดงผลด้วยค่าคลาดเคลื่อน ในตารางที่ 3



ภาพที่ 7แสดงสถานีตั้งเครื่องสแกนเลเซอร์ภาพพื้นดิน

การรังวัดยึดโยงพิกัดทางอ้อม (indirect georeferencing)

การรังวัดยึดโยงพิกัดทางอ้อมต้องนำข้อมูลจุดพิกัด 3 มิติ ของสถานีตั้งเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินที่มีความถูกต้องสูงมาประมวลผลข้อมูลยึดโยงพิกัด 3 มิติ ด้วยจุดที่ทราบค่าพิกัด (ground control points) บนอาคารที่มีความถูกต้องสูง เช่นเดียวกับกรณีที่ 1และตรวจสอบกับจุดตรวจสอบ แสดงผลด้วยค่าคลาดเคลื่อน ในตารางที่ 4

6. ผลการวิจัย

จากผลการวิจัยพิจารณาด้วยค่าความคลาดเคลื่อน (root-mean-square error : RMSE) ของค่าพิกัดที่รังวัดได้เทียบกับจุดตรวจสอบ (Check points) จำนวน 30 จุด และการทำสถิติทดสอบการทดสอบสมมติฐานความแปรปรวนของสองประชากรเพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของกระบวนการรังวัดทั้ง 2 วิธี

กรณีศึกษาที่ 1 การเปรียบเทียบความถูกต้องกรณีที่ค่าพิกัดสถานีที่มีความถูกต้องต่ำ

ตารางที่ 1 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของการรังวัดยึดโยงพิกัดทางตรง(หน่วยเมตร)

RMSE	MIN.	MAX.	MEAN
X	0.000	0.020	0.010
Y	0.002	0.025	0.015
Z	0.000	0.009	0.004
SUM	0.005	0.029	0.019

ตารางที่ 2 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของการรังวัดยึดโยงพิกัดทางอ้อม(หน่วยเมตร)

RMSE	MIN.	MAX.	MEAN
X	0.000	0.007	0.003
Y	0.000	0.006	0.003
Z	0.000	0.009	0.003
SUM	0.003	0.010	0.005

จากตารางที่ 1 และ 2 จะเห็นได้ว่าการรังวัดยึดโยงพิกัดทางอ้อมมีความถูกต้องอยู่ในระดับ 5 มิลลิเมตร ซึ่งสูงกว่าการรังวัดยึดโยงพิกัดทางตรงที่มีความถูกต้องอยู่ในระดับ 19 มิลลิเมตร

<u>กรณีศึกษาที่ 2</u> การเปรียบเทียบความถูกต้องกรณีที่ค่าพิกัดสถานีที่มีความถูกต้องสูง

ตารางที่ 3 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของการรังวัดยึดโยงพิกัดทางตรง (หน่วยเมตร)

RMSE	MIN.	MAX.	MEAN
X	0.000	0.008	0.003
Y	0.000	0.008	0.003
Z	0.000	0.009	0.004
SUM	0.003	0.013	0.006

ตารางที่ 4 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของการรังวัดยึดโยงพิกัดทางอ้อม(หน่วยเมตร)

RMSE	MIN.	MAX.	MEAN
X	0.000	0.005	0.002
Y	0.000	0.007	0.003
Z	0.000	0.009	0.003
SUM	0.001	0.010	0.005

จากตารางที่ 3 และ 4 จะเห็นได้ว่าการรังวัดยึดโยงพิกัดทางอ้อมมีความถูกต้องอยู่ในระดับ 5 มิลลิเมตร ซึ่งสูงกว่าการรังวัดยึดโยงพิกัดทางตรงเพียงเล็กน้อย

7. วิเคราะห์ผลการวิจัย

จากผลการวิจัยยังไม่สามารถสรุปได้ว่ากระบวนการรังวัดยึดโยงพิกัดทางตรงแตกต่างการรังวัดยึดโยงพิกัดทางอ้อม ดังนั้นการวิเคราะห์ผลการวิจัยจึงเลือกใช้ทำสถิติทดสอบแบบการทดสอบสมมติฐานความแปรปรวนของสองประชากรเพื่อสรุปความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของทั้งสองกระบวนการ

<u>กรณีศึกษาที่ 1</u> การเปรียบเทียบความถูกต้องกรณีที่ค่าพิกัดสถานีที่มีความถูกต้องต่ำ
การทดสอบสมมติฐานความแปรปรวนของสองประชากรที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

กำหนดให้สมมติฐานสำหรับการทดสอบ

H_0	H_1
$\frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} = 1$	$\frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} \neq 1$

ตัวสถิติที่ใช้ทดสอบ คือ F test

เมื่อ S_1^2 และ S_2^2คือความแปรปรวนของตัวอย่างที่สุ่มมาจากประชากรที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

จะได้$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} = 8.70247$

ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 และมีจำนวนตัวอย่างที่สุ่มจากแต่ละประชากร 29 ตัวอย่างจะได้$F_{0.05,29,29} = 1.64655$ และบริเวณที่ปฏิเสธ คือ $F > F_{0.05,29,29}$

จาก $F > F_{0.05,29,29}$เพราะฉะนั้นจึงปฏิเสธ H_0นั้นคือ ค่าความคลาดเคลื่อนของการรังวัดยึดโยงพิกัดทางตรงในกรณีที่ค่าพิกัดสถานีมีความถูกต้องต่ำไม่เท่ากับค่าความคลาดเคลื่อนการรังวัดยึดโยงพิกัดทางอ้อม

<u>กรณีศึกษาที่ 2</u> การเปรียบเทียบความถูกต้องเมื่อค่าพิกัดสถานีที่มีความถูกต้องสูง
การทดสอบสมมติฐานความแปรปรวนของสองประชากรที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

กำหนดให้สมมติฐานสำหรับการทดสอบ

H_0	H_1
$\frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} = 1$	$\frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} \neq 1$

ตัวสถิติที่ใช้ทดสอบ คือ F test

เมื่อ S_1^2 และ S_2^2คือความแปรปรวนของตัวอย่างที่สุ่มมาจากประชากรที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

จะได้$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} =$1.22123

ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 และมีจำนวนตัวอย่างที่สุ่มจากแต่ละประชากร 29 ตัวอย่างจะได้$F_{0.05,29,29} =$ 1.64655 และบริเวณที่ปฏิเสธ คือ $F > F_{0.05,29,29}$

จาก $F < F_{0.05,29,29}$เพราะฉะนั้นจึงไม่ปฏิเสธH_0นั้นคือ ค่าความคลาดเคลื่อนของการรังวัดยึดโยงพิกัดทางตรงในกรณีที่ค่าพิกัดสถานีมีความถูกต้องสูงเท่ากับค่าความคลาดเคลื่อนการรังวัดยึดโยงพิกัดทางอ้อม

8. สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่าการรังวัดยึดโยงค่าพิกัดทางอ้อมมีความถูกต้องสูงกว่าการรังวัดยึดโยงค่าพิกัดทางตรงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อค่าพิกัดสถานีมีความถูกต้องต่ำ และมีความถูกต้องอยู่ในระดับ 5 มิลลิเมตร และ 19 มิลลิเมตร ตามลำดับ แต่ในกรณีที่ค่าพิกัดสถานีมีความถูกต้องสูง การรังวัดยึดโยงค่าพิกัดทางตรงจะอยู่ในระดับเดียวกับการรังวัดยึดโยงพิกัดทางอ้อม

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ บริษัท ท๊อปคอน อินสทรูเม้น (ไทยแลนด์) จำกัด สำหรับการสนับสนุนเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน รุ่น GLS-2000 และกล้องประมวลผลรวม (Total Station) ของ Topcon รุ่น DS-101ACในงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Y. Reshetyuk, 2009. Self-calibration and direct georeferencing in terrestrial laser scanning, Doctoral thesis in Infrastructure, Geodesy, Royal Institute of Technology (KTH), Department of Transport and Economics.

[2] C. T. Wu, C. Y. Hsiao, C. S. Chen, 2013. Improvement of LiDAR Accuracy Using 12 Parameter Affine Transformation, Journal of Chinese Soil and Water Conservation, 44 (4): 293-301.

[3] C. COŞARCĂ, A. Jocea, A. Savu, 2009. Analysis of error sources in Terrestrial Laser Scanning, Faculty of Geodesy, Technical University of Civil Engineering, Bucharest, RevCAD – Journal of Geodesy and Cadastre.

การประยุกต์ UAV ในการติดตามพื้นที่ป่าชายเลนมหาชัยฝั่งตะวันตก จังหวัดสมุทรสาคร

Application of UAV for mangrove deterioration in the western part of Mahachai, Samutsakorn Province

จาตุรนต์ กอนกุล, กิตติ หมอติ้น, อธิศักดิ์ กล่ำเหม็งและ นภัสดล แสงจันทร์ดาว

Jaturon Kornkul, Kitti Mortin, Atisak Klammeng and Napassadol Seangchandao

บริษัท พายซอฟท์ จำกัด มหาชน

128/21/3 ชั้น 5 อาคารพญาไทพลาซ่า ถนนพญาไท แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400

โทรศัพท์ 02-214-4180โทรสาร 02-214-4180e-mail: jaturon@piesoft.net

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีระบบอากาศยานไร้คนขับได้ถูกพัฒนาและนำมาใช้ในด้านต่างๆ โดยเฉพาะด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้ UAV ในการตรวจสอบพื้นที่ป่าชายเลนมหาชัยฝั่งตะวันตก จังหวัดสมุทรสาคร รวมทั้งเปรียบเทียบจุดเด่นและจุดด้อยการใช้ UAV ในการศึกษาทรัพยากรธรรมชาติร่วมกับภาพถ่ายดาวเทียม Landsat8, THOES ละ Google Earth

UAV รูปแบบ Fixed-wing ถูกนำมาใช้กับการศึกษาพื้นที่ที่มีลักษณะครอบคลุม 16 ตารางกิโลเมตร ก่อนนำภาพที่ได้มาขั้นตอนการประมวลผลเชิงพื้นที่ (Georeferencing) และประมวลผลภาพ (Image Processing) ด้วยโปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) และโปรแกรมจัดการภาพประยุกต์

ผลจากการศึกษาพบว่าจุดเด่นของภาพถ่ายจาก UAV คือความรวดเร็วในการทำงานและช่วงเวลาในการบินถ่ายภาพซึ่งลดปัญหาภาพถ่ายดาวเทียมมีเมฆปกคลุม รวมทั้งสามารถศึกษาพื้นที่ที่มีขนาดเล็กได้ดีกว่าภาพถ่ายดาวเทียม นอกจากนั้นข้อมูลจากภาพถ่าย UAV ยังถูกนำมาใช้กับการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial Analyst) โดยการใช้ดัชนีพืชพรรณ ExG และ CIVE กับภาพถ่าย RGB ของ UAV ซึ่งพบว่าสามารถจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและความหนาแน่นของพืชพรรณได้ดีในระดับหนึ่ง ซึ่งผลการศึกษานี้เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนากล้องเพื่อใช้ในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ใน UAV ต่อไป

คำสำคัญ: อากาศยานไร้คนขับ โทรสัมผัส ป่าชายเลน ดัชนีพืชพรรณ

ABSTRACT

At present, the unmanned aerial vehicle (UAV) technology is develop and apply in many field, especially in environment and natural management. In this study, UAV was used to assess the mangrove deterioration in the western part of Mahachai, Samutsakorn province. Moreover, UAV technology was compared with the satellite technology in terms of suitable usage.

Fixed-wing platform was used in field exploration which covered 16 sq.km. Then, images from UAV were processed with georeferencing and image processing using GIS and image program.

The result shows the strong point of UAV is flexibility in times and field process. The orthomosaic image of UAV is able to solve the image covering problem, and very useful in minimal-scale studying. Moreover, the RGB orthomasaic of UAV also used in spatial analyst using ExG and CIVE vegetation index. The result shows the land use classification and intensity

of vegetation assessment by using RGB vegetation index was established. Finally, the result of the study was useful to multispectral camera developing for spatial analyst with UAV in the future.

KEY WORDS : UAV, Remote sensing, Mangrove, Vegetation index

1. บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีระบบอากาศยานไร้คนขับ(Unmanned Aerial Vehicle, UAV) ได้ถูกพัฒนาและนำมาใช้ในด้านต่างๆ โดยเฉพาะด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมซึ่งจุดเด่นของภาพถ่ายจาก UAV คือ ความยืดหยุ่นในการทำงาน ลดระยะเวลาในการทำงานสนาม ช่วงเวลาบินถ่ายภาพใช้เวลาไม่นานและเลือกถ่ายภาพได้หลายช่วงเวลาโดยเฉพาะหน้าฝนซึ่งลดปัญหาของภาพถ่ายดาวเทียมที่มีเมฆปกคลุมในช่วงเวลานี้รวมทั้งเหมาะสมในงานศึกษาพื้นที่ที่มีขนาดเล็กและขนาดกลาง นอกจากนั้นการสำรวจด้วย UAV ยังนำมาบูรณาการกับเทคโนโลยีด้านภูมิสารสนเทศ (Geo-information) ได้แก่ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร (GIS) ระบบกำหนดตำแหนงบนโลก(GPS) และการรับรูจากระยะไกล (RS) (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2552) โดยเฉพาะการรับรูจากระยะไกล (Remote sensing) เปนการรวบรวมและแปลผลข้อมูลของวัตถุ พื้นที่ ปรากฏการณโดยผานการวิเคราะหที่ไดจากอุปกรณ์และระบบสารสนเทศซึ่งมิไดสัมผัสกับวัตถุ พื้นที่ หรือปรากฏการณนั้นๆ (Sanderson, 2006)

พื้นที่ป่าชายเลนอ่าวมหาชัย ตั้งอยู่บริเวณปากแม่น้ำท่าจีนฝั่งขวาในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติปากอ่าวมหาชัยฝั่งตะวันตก ตำบลบางหญ้าแพรก อำเภอเมืองสมุทรสาครมีเนื้อที่ 3,179 ไร่ เป็นป่าชายเลนผืนใหญ่ที่สุดในพื้นที่ชายฝั่งอ่าวไทยตอนบนซึ่งประสบปัญหาป่าชายเลนเสื่อมโทรม (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2549)จากการขยายตัวของชุมชน ปัญหาคุณภาพสิ่งแวดล้อมของระบบนิเวศทางทะเลจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำซึ่งส่งผลกระทบอย่างต่อเนื่องสู่ปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง (สวรรยาธรรมอภิพล, 2555)

ดังนั้นเพื่อเป็นการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของUAV ร่วมกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ในการศึกษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมผู้วิจัยจึงได้มีการพัฒนาUAV รูปแบบปีกตรึง(Fixed-wing)มาใช้กับการศึกษาพื้นที่ป่าชายเลนอ่าวมหาชัยฝั่งตะวันตกครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 16 ตารางกิโลเมตร เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าชายเลนมหาชัยฝั่งตะวันตกช่วงปี 2545-2558 หลังการปักไม้ไผ่ชะลอคลื่นเพื่อการอนุรักษ์นอกจากนั้นยังมีการทดสอบการนำค่าดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index) มาประยุกต์กับงานศึกษาเพื่อแยกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน และเป็นแนวทางต่อการพัฒนาเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศต่อไป

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าชายเลนอ่าวมหาชัยฝั่งตะวันตกช่วงปี 2545-2558 โดยใช้ UAV ร่วมกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

2.2 ทดสอบประสิทธิภาพการใช้งาน UAV ร่วมกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์และรีโมทเซนซิ่งในการศึกษาทรัพยากรป่าชายเลนมหาชัยฝั่งตะวันตก

3. วิธีการวิจัย

3.1 ข้อมูลและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

3.1.1 ภาพถ่ายดาวเทียมและภาพถ่ายทางอากาศ

ข้อมูลพื้นที่และแนวป่าชายเลนอ่าวมหาชัยช่วงปี 2545 ได้มาจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 7 เพื่อใช้ในการคำนวณหาพื้นที่และแนวป่าที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงระยะเวลา 13 ปีโดยเปรียบเทียบกับภาพถ่ายจาก UAVแบบ Fixed-wing ที่ถูกพัฒนามาซึ่งมีความละเอียดโดยประมาณ 1 จุด ต่อพื้นที่30ซม.

(GSD= 30 cm.)ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำรวจภายในช่วงเดือนกรกฎาคม 2558 ระยะเวลาการบินสำรวจเที่ยวบินเดียวประมาณ 25 นาทีก่อนนำภาพดิบที่ได้ (RAW) มาประมวลผลต่อภาพด้วยโปรแกรมสำเร็จ ให้ได้ภาพออร์โธสี (Orthomosaic) พร้อมพิกัดตำแหน่งซึ่งได้มาจากการเก็บข้อมูลแบบตรง (Direct Georeferencing) จากระบบ GPS/ IMU ซึ่งค่าพิกัดทางราบและทางดิ่งของจุดบนภูมิประเทศที่จะอ้างอิงกับระบบพิกัด WGS84

3.1.2 ดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index)

ค่าดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index : VI) คือ ค่าที่บอกถึงสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมพื้นผิวโดยคำนวณจากการนำช่วงคลื่นที่เกี่ยวกับพืชพรรณมาทำสัดส่วนซึ่งกันและกันโดยทั่วไปแล้วค่าดัชนีพืชพรรณNDVI (Normalized Difference Vegetation Index)ถือเป็นดัชนีพืชพรรณที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \quad (1)$$

เมื่อ NIR (Near-infrared) ค่า DNในช่วงความยาวคลื่นอินฟราเรดใกล้(Near-infrared, NIR)

R (Red) ค่า DNในช่วงความยาวคลื่นสีแดง

แต่ในการถ่ายภาพทางอากาศด้วย UAV ส่วนใหญ่จะใช้กล้องRGB ซึ่งมีความยาวช่วงคลื่น แดง-เขียว-น้ำเงิน โดยไม่บันทึกช่วงความยาวคลื่นอินฟราเรดใกล้ดังนั้นดัชนีพืชพรรณที่นำมาใช้จะอ้างถึงดัชนีพืชพรรณที่สามารถใช้ร่วมกับภาพถ่าย RGB ได้ โดยดัชนีพืชพรรณแบบ ExG (Excessive Green) และ CIVE ซึ่งเป็นดัชนีพืชพรรณที่สามารถใช้ในการบ่งบอกระดับความเป็นสีเขียวจากรูปภาพ RGB ได้ (Ponti, 2013) โดยสมการ ExG สามารถคำนวณได้จาก

$$ExG = 2g - r - b \quad (2)$$

เมื่อ r คือ ค่า normalized ของช่วงคลื่นสีแดง คำนวณได้จาก r = R / (R+G+B)

g คือ ค่า normalized ของช่วงคลื่นสีเขียว คำนวณได้จาก g = G / (R+G+B)

b คือ ค่า normalized ของช่วงคลื่นสีน้ำเงิน คำนวณได้จาก b = B / (R+G+B)

RGB คือ ค่า DNในช่วงความยาวคลื่นสีแดง เขียว น้ำเงิน ตามลำดับ

และค่า CIVE สามารถหาได้จากสมการ

$$CIVE = 0.441R - 0.811G + 0.385B + 18.787 \quad (3)$$

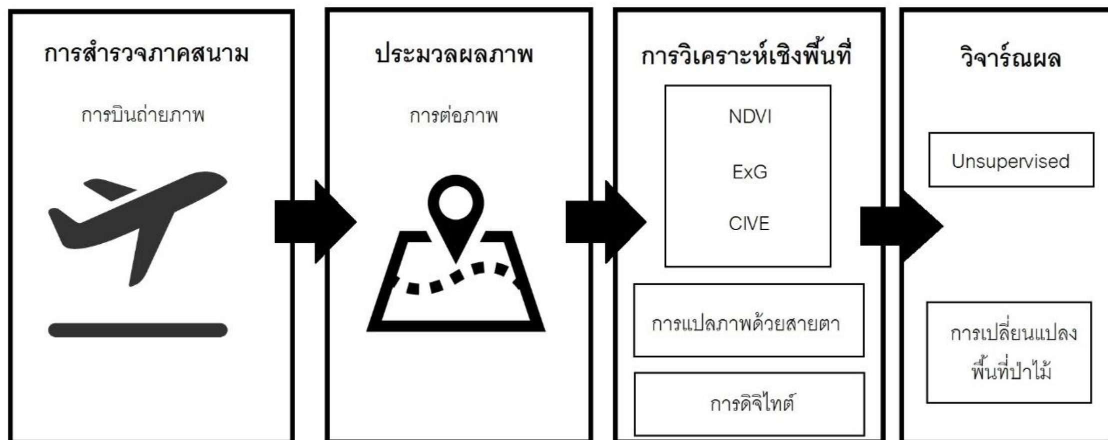
เมื่อ R คือ ค่าของช่วงคลื่นสีแดง

G คือ ค่าช่วงคลื่นสีเขียว

B คือ ค่าช่วงคลื่นสีน้ำเงิน

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการ

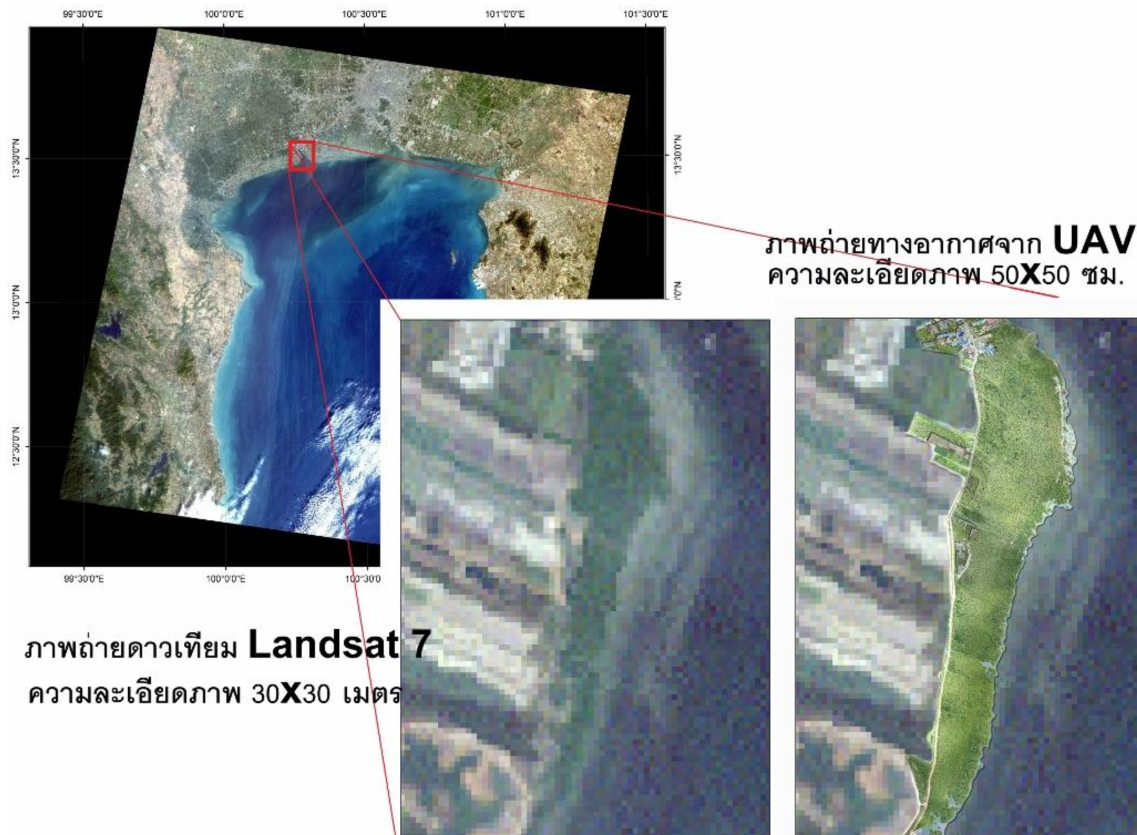
ในการศึกษานั้น ขั้นตอนการดำเนินงานแสดงดัง**รูปที่ 1**ตัวลำของเครื่องบินUAV แบบ Fixed-wing, Skywalker X8แสดงดัง**รูปที่ 2**ถูกนำมาใช้เพื่อการบินสำรวจป่าชายเลนอ่าวมหาชัยฝั่งตะวันตกแบบรวดรัดโดยไม่ได้ทำการลงสำรวจและทำจุดควบคุม (Ground Control Point, GCP)ในสนามข้อมูลค่าพิกัดที่ใช้มาจากระบบGPS/IMU ด้วยวิธีDirect Georeferencingหลังจากนั้นข้อมูลภาพภาพถ่าย RAW ห้าร้อยกว่าภาพและข้อมูล log file ที่ได้จากการประมาณค่าของพื้นผิวจะถูกนำไปใช้เพื่อทำการตรึงพิกัด (Georeferencing) และประมวลผลภาพ (Image Processing) ในโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อให้ได้ภาพออร์โธสี (Orthomosaic) ก่อนนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่งทะเลและการวิเคราะหคาดัชนีพืชพรรณรูปแบบ NDVI, ExG และ CIVEด้วยโปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) นอกจากนั้น การวิจัยนี้ยังเปรียบเทียบจุดเด่นและจุดด้อยการใช้ UAV ในการศึกษาทรัพยากรธรรมชาติร่วมกับภาพถ่ายดาวเทียมอื่นๆ Landsat, THEOSและ Google Earthโดยแสดงดัง**รูปที่ 3**



รูปที่ 1แสดงขั้นตอนการดำเนินงานศึกษา



รูปที่ 2UAV รูปแบบ Fixed-wing Skywalker X8



รูปที่ 3 ภาพเปรียบเทียบความละเอียดของดาวเทียม Landsat 7 และภาพจาก UAV

4. ผลการวิจัย

4.1 การประเมินพื้นที่ป่าชายเลน

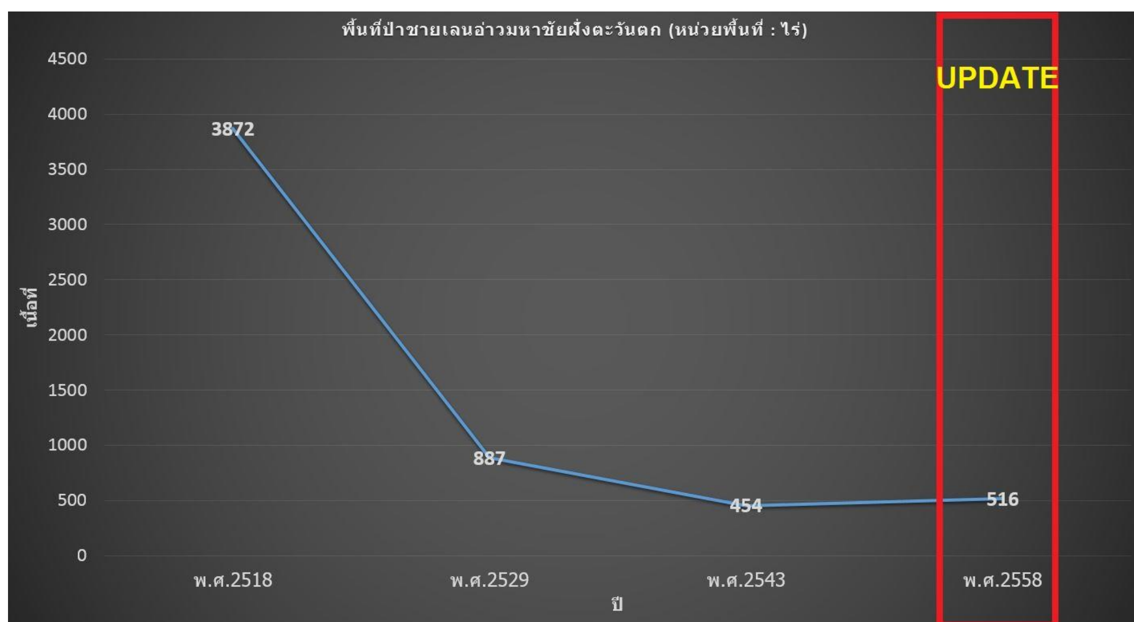
ผลจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าชายเลนอ่าวมหาชัยฝั่งตะวันตก พบว่าพื้นที่ป่าชายเลนมีเพิ่มมากขึ้นจากความร่วมมือในการอนุรักษ์ ทั้งจากภาครัฐ เอกชน และประชาชนในพื้นที่ โดยผลการศึกษาแสดงดัง**รูปที่ 4**และ**รูปที่ 5**

โดยในปี 2558 ป่าชายเลนมีพื้นที่โดยประมาณ 516 ไร่ เพิ่มขึ้นจากปี 2543 ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 454 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 13.65 มีระยะแนวชายฝั่งเพิ่มขึ้นมากที่สุดประมาณ 105 เมตร อย่างไรก็ตามพบว่ายังคงมีพื้นที่ถูกกัดเซาะและแนวกันชนถอยร่นเพิ่มขึ้นกระจายเป็นบางพื้นที่ นอกจากนั้นยังพบว่าหากเปรียบย้อนหลังในช่วง 30 ปีแล้ว อัตราการเพิ่มขึ้นของป่าชายเลนยังอยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างต่ำ

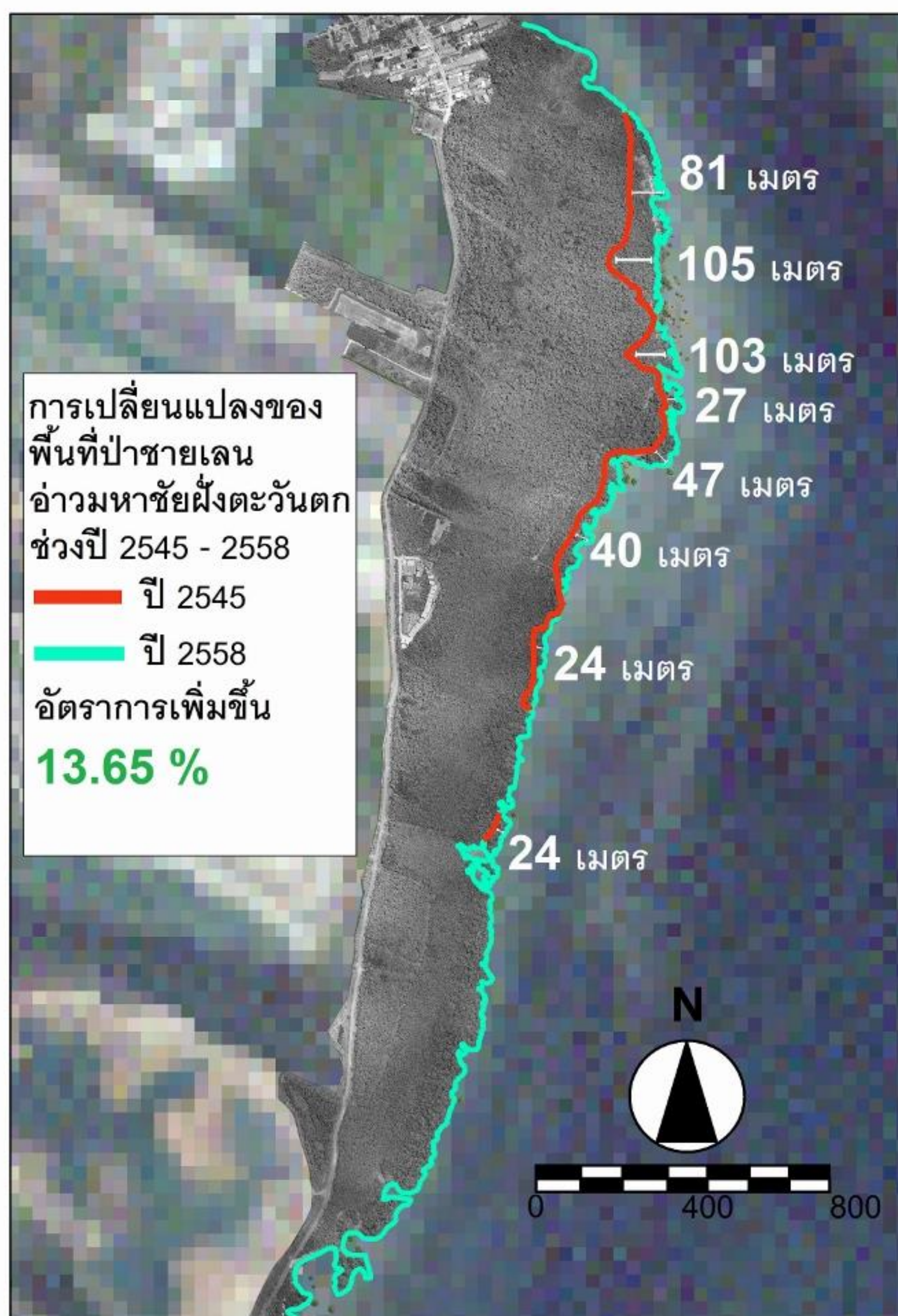
4.2 การจำแนกพื้นที่ป่าชายเลน

ผลจากการแปลภาพถ่ายด้วยวิธีการแบบ Unsupervised โดยใช้สมการดัชนีพืชพรรณ NDVI, ExG และ CIVE แสดงผลดัง**รูปที่ 6**ซึ่งจากการศึกษาพบว่า สมการแบบ ExG สามารถแปลผลพืชพรรณได้ดีในระดับ

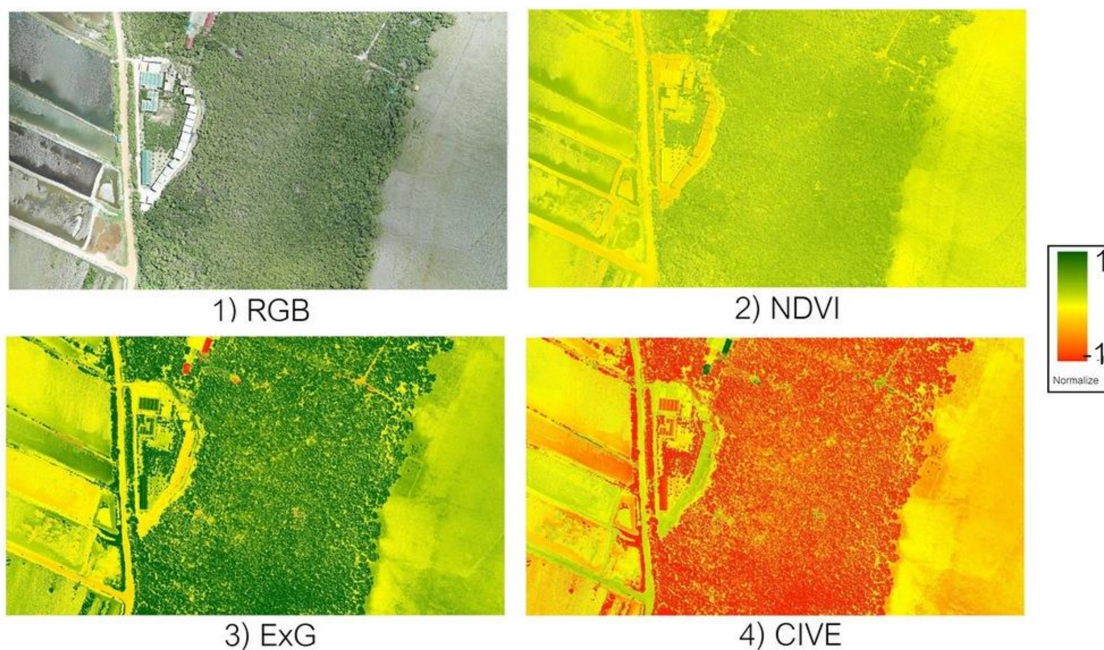
หนึ่ง โดยผลจากการแปลแบบ Unsuperviesd นำมาเปรียบเทียบกับผลการแปลภาพด้วยสายตา โดยสมการ ExG สามารถจำแนกการใช้ที่ดินประเภทพืชพรรณได้สอดคล้อง 85% ในขณะที่สมการ NDVI ซึ่งได้จากค่า NIR ของช่วงคลื่นสีแดงในเครื่องสามารถจำแนกการใช้ที่ดินประเภทพืชพรรณได้สอดคล้อง 54% และสมการ CIVE ที่สามารถจำแนกการใช้ที่ดินประเภทพืชพรรณได้สอดคล้องน้อยกว่า 1%



รูปที่ 4กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าชายเลน โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลช่วงปี 2518, 2529, 2543 และ 2558



รูปที่ 5ภาพเปรียบเทียบแนวชายฝั่งทะเลระหว่างปี2543 และ 2558



รูปที่ 6แสดงการเปรียบเทียบภาพถ่าย RGB กับภาพดัชนีพืชพรรณ NDVI, ExG และ CIVE

5. วิจารณ์ผลและสรุปผล

จากการประยุกต์ใช้ UAV รูปแบบ Fixed-wing ในการตรวจสอบพื้นที่ป่าชายเลนมหาชัยฝั่งตะวันตก จังหวัดสมุทรสาคร ซึ่งมีพื้นที่ครอบคลุม 16 ตารางกิโลเมตรด้วยวิธีพิกัดตำแหน่งแบบDirect Georeferencing และนำภาพที่ได้มาขั้นตอนการประมวลผลเชิงพื้นที่ด้วยโปรแกรมGISผลจากการศึกษาพบว่าข้อดีของภาพถ่ายจาก UAV คือความรวดเร็วในการทำงานและช่วงเวลาในการบินถ่ายภาพซึ่งลดปัญหาภาพถ่ายดาวเทียมมีเมฆปกคลุม รวมทั้งสามารถศึกษาพื้นที่ที่มีขนาดเล็กได้ดีกว่าภาพถ่ายดาวเทียมสามประเภท คือ Landsat8, THOES ละ Google Earth

นอกจากนั้นข้อมูลจากภาพถ่าย UAV ยังถูกนำมาใช้กับการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial Analyst) โดยการใช้ดัชนีพืชพรรณ ExG และ CIVE กับภาพถ่าย RGB ของ UAV ซึ่งพบว่าสมการ ExG สามารถจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและความหนาแน่นของพืชพรรณได้ดีที่สุด อย่างไรก็ตามเนื่องจากค่า NDVI ในการวิจัยนี้ได้มาจากแยกช่วงคลื่นของกล้องดิจิตอล อาจทำให้การแปลผลของภาพมีความคลาดเคลื่อน รวมยังทั้งยังดัชนีพืชพรรณแบบอื่นๆ ที่สามารถประเมินการตอบสนองของพืชสีเขียวสำหรับช่วงคลื่นRGBซึ่งผลการศึกษานี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนากล้องNDVI เพื่อใช้ในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ใน UAV รวมทั้งแนวทางในการประยุกต์ใช้ UAV กับงานทางด้านโทรสัมผัสด้วย

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 คุณภาพของข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศด้วย UAV จะมีความสมบูรณ์และแม่นยำมากขึ้นจากรายละเอียดของงานสนาม ได้แก่ การวางจุดบังคับถ่ายภาพ (GCP) เพื่อปรับแก้เชิงพิกัด การลดความเพี้ยนของสีและแสงเงาของภาพจากเงื่อนไขของสภาพอากาศในแต่ละวัน

6.2 ในงานวิจัยนี้ได้นำดัชนีพืชพรรณแบบ ExG และ CIVE มาใช้ในการประเมินพื้นที่ป่าชายเลน นอกจากนี้ควรมีการนำดัชนีพืชพรรณแบบอื่นๆ ที่สามารถประเมินการตอบสนองของพืชสีเขียว สำหรับช่วงคลื่นRGBเพิ่มเติม เช่น ExGR (Excessive Green-Red),NDI (Normalized Green-Red Difference Index) เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2549). ***ทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง***. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สวรรยาธรรมอภิพล.(2555).***การศึกษาผลกระทบจากปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งที่มีต่อชุมชนชายฝั่งทะเล. กรุงเทพฯ***: มหาวิทยาศิลปากร.

G.E. Meyer, J. C. Neto, (2008) Verification of color vegetation indices for automatedcrop imaging applications. ***Computer and Electronic in Agriculture***, 75 (Jan), 75-83.

M. Guijarro, G. Pajaresb, I. Riomorosc, P.J. Herrerad, X.P. Burgos-Artizzue, A. Ribeiroe (2008) Automatic segmentation of relevant textures in agricultural images. ***Computer and Electronic in Agriculture***, 63 (March), 282-293.

M.P.Ponti, (2013)Segmentation of low-cost remote sensing images combining vegetationindices and mean shift. ***Geoscience and Remote Sensing Letters***, IEEE 10(1), 67–70

P. Soontranon, Srestasathiern, P. Rakwatin, (2014) Rice Growing Stage Monitoring in Small-scale Region Using ExG Vegetation Index.***ECTI-CON*** (May), 1-5.

R.D. Jackson, A.R. Huete, (1991)Interpreting vegetation indices. ***Preventive Veterinary Medicine***, 11, 185-200.

Sanderson, R. (2006).***Introduction to Remote Sensing***. Mexico: New MexicoState University.

การจำแนกพรรณไม้ยืนต้นโดยประยุกต์ภาพถ่ายรายละเอียดสูงจากระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก บริเวณพื้นที่ศึกษาป่าชุมชนท่าช้าง มูลนิธิชัยพัฒนา จังหวัดจันทบุรี : ผลการศึกษาเบื้องต้น

Application of Tree Species Classification Using Very High Resolution Image from Miniature Unmanned Aerial System in Study Area of Thachang-forest community (Chaipattana Foundation), Chanthaburi province. : Preliminary Results

เลิศพงศ์ สุวรรณเลิศ [1] กฤษนัยน์ เจริญจิตร [1,2] กาญจนา หริ่มเพ็ง [1]

Lertpong Suwannalert [1] Kitsanai Charoenjit [1,2] Karnjana Hrimpeng [1]

[1] สาขาวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา, 169 ถนนลงหาดบางแสน, ตำบลแสนสุข, จังหวัดชลบุรี 20131, ประเทศไทย

[1,2] คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา, 169 ถนนลงหาดบางแสน, ตำบลแสนสุข, จังหวัดชลบุรี 20131, ประเทศไทย

โทรศัพท์ 0-3810-3010-11 e-mail: suwannalert_l@hotmail.com

บทคัดย่อ

ป่าชุมชนท่าช้างมีศักยภาพที่เหมาะสมกับการเป็นพื้นที่แห่งใหม่เพื่ออนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ และเป็นการท่องเที่ยวเชิงนิเวศของจังหวัดจันทบุรี ประเทศไทย ในปัจจุบัน มีการทำแผนที่ป่าไม้ที่เป็นข้อมูลล่าสุดของพื้นที่โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระบบอากาศยาน วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้เพื่อจำแนกพรรณไม้ยืนต้นจากภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยาน และข้อมูลภาคสนาม ซึ่งภาพที่ได้มาจะเป็นภาพสีจริงจากกล้อง นำมาวิเคราะห์การจำแนกเชิงวัตถุ (Object-based Image Analysis) เพื่อที่จะระบุพรรณไม้ยืนต้น จากผลการวิจัยเบื้องต้นในช่วงเดือนกันยายน 2015 พรรณไม้ที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ *Ficus carica (มะเดื่อ), Croton Oblongifolius (เปล้าใหญ่), Clausena excavata Burm (สันโสก), Hevea brasiliensis (ยางพารา), Microcos tometosa (พลับพลา), Melaleuca quinquenervia (เสม็ด),* ซึ่งเป็นผลที่พบในการสำรวจเบื้องต้น โดยวิธีการจำแนกเชิงวัตถุมีความถูกต้องประมาณ 60% ระบบหุ่นยนต์อากาศขนาดเล็กมีประสิทธิภาพในการทำแผนที่ป่าไม้ที่เป็นปัจจุบันได้ดี ในส่วนที่เพิ่มเติมต่อไป จะทำการทดสอบกล้อง Near Infrared และคำนวณหาข้อมูลสามมิติ (Canopy Height Model : CHM) เพื่อมาช่วยเสริมในการจำแนกพรรณไม้ยืนต้นต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ : ป่าชุมชนท่าช้าง, ระบบอากาศยานไร้คนขับ, การจำแนกข้อมูลภาพเชิงวัตถุ

ABSTRACT

The Tachang-forest community has potential candidate to the new landmark for biodiversity conservation and ecotourism of Chantaburi province, Thailand. Currently, the near real time forest mapping is applied by the Unman Aerial System (UAS) technology. The objective of this study is to identification of tree species using aerial mapping and ground data. The multirotor aircraft, RGB camera were used for image acquisition. The object-based image analysis (OBIA) was purposed to the tree species identification. The preliminary result in September 2015, the major tree species of *Ficus carica, Croton Oblongifolius, Clausena excavata Burm, Hevea brasiliensis, Microcos tomemtosa* and *Melaleuca quinquenervia* were

found in the initial results. By the object-based classification method, the classification accuracy is shown around 60%. The miniature UAS has powerful for near real time forest mapping. Additional work remain to be done to test the NIR camera and compute the 3D information (Canopy Height Model:CHM) for improve the tree species classification in the future.

Keywords : Thachang forest community, UAS, OBIA.

1.บทนำ

การเจริญเติบโตของสังคมเมืองทำให้จำนวนป่าไม้ลดจำนวนลงอย่างรวดเร็ว โดยอาจเกิดจากการบุกรุกพื้นที่ป่าเพื่อนำไปใช้ในกิจกรรมทางการเกษตร หมู่บ้านจัดสรร เป็นต้น จึงควรดำเนินการปกป้องและรักษาผืนป่าให้อยู่ร่วมกับชุมชนได้ เนื่องจากป่าชุมชนเป็นกลไกลที่สำคัญที่ให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมกับป่า รวมทั้งจัดการ ฟื้นฟู รักษา และใช้ทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งยังเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ และแหล่งอาหารของมนุษย์และสัตว์ในพื้นที่ได้อย่างยั่งยืน (ศูนย์วนศาสตร์ชุมชนเพื่อคนกับป่า, 2556) ทางผู้ศึกษาจึงเล็งเห็นพื้นที่ป่าตำบลท่าช้าง จังหวัดจันทบุรี และมีความสนใจการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) จากระบบหุ่นยนต์อากาศยาน (Unmanned Aerial System) ร่วมกับเทคนิคการจำแนกเชิงวัตถุ (Object-based Classification) ซึ่งเป็นเทคนิคทางด้านกระบวนการเชิงเลขขั้นสูงเข้ามาช่วยในการจำแนกพรรณไม้ยืนต้น

ในอดีตการจำแนกพืชพันธุ์ป่าไม้จะใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมที่มีความละเอียดภาพ (Spatial Resolution) ปานกลางและรายละเอียดต่ำ ประกอบกับไม่สามารถกำหนดช่วงระยะเวลาในการบันทึกภาพ (Temporal Resolution) ในช่วงระยะเวลาที่ต้องการ ประกอบกับภาพที่บันทึกจากดาวเทียมนั้นอาจจะถ่ายติดเมฆและบดบังพื้นที่ศึกษา ทำผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมนั้นลดลงไปด้วย ปัจจัยที่มีผลต่อการจำแนกข้อมูลคือวิธีการจำแนกด้วยสายตาอาจจะมีการผิดพลาดที่เกิดจากการทำต่อเนื่องแบบซ้ำๆ ซึ่งเป็นการผิดพลาดที่ตัวบุคคล (Human error) จึงต้องใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการจำแนกเพื่อลดความผิดพลาด แต่เนื่องจากคอมพิวเตอร์ไม่รู้ถึงสิ่งที่แสดงในภาพ ตัวบุคคลจึงต้องใส่โมเดลเพื่อให้คอมพิวเตอร์ช่วยจำแนก โดยใช้เทคนิคการจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุ (Object based classification) เป็นวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยอาศัยลักษณะของวัตถุเชิงภาพ หรือกลุ่มของจุดภาพ แทนการใช้ค่าสะท้อนพลังงานของจุดภาพเดี่ยว (สุภาพงษ์, 2555) , (Charoenjit K. et al.) เนื่องจากผู้ศึกษาได้ภาพจากหุ่นยนต์อากาศยานที่มีรายละเอียดสูง ทำให้การใช้เทคนิคการจำแนกเชิงจุดภาพนั้นไม่เหมาะที่จำนำมาใช้ในการจำแนกภาพที่มีรายละเอียดสูง

ในบทความนี้จะมุ่งประเด็นวิจัยในการประยุกต์ภาพถ่ายทางอากาศจากระบบหุ่นยนต์อากาศยาน เพราะภาพที่ได้นั้นมีความละเอียดสูง (Very high Resolution : VHR) และสามารถกำหนดช่วงเวลาในการบินที่ต้องการได้ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างรูปแบบ และพัฒนาวิธีการสำรวจรูปแบบใหม่โดยใช้ระบบหุ่นยนต์อากาศยานต่อไปในอนาคต

2.วัตถุประสงค์

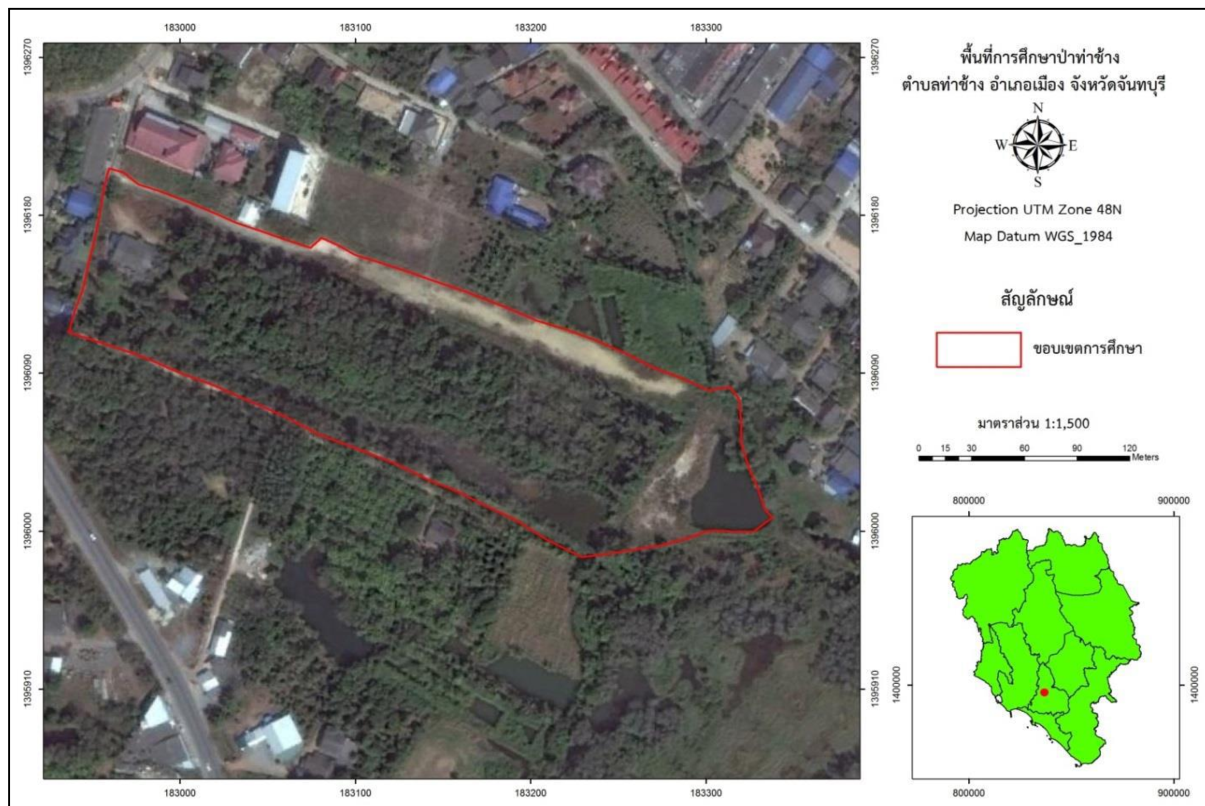
เพื่อจำแนกพรรณไม้ยืนต้นจากภาพถ่ายทางอากาศจากหุ่นยนต์อากาศยาน โดยบูรณาการเทคนิคการจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุ (Object-based Classification) และข้อมูลสำรวจภาคสนาม

3.วิธีการวิจัย

วิธีการศึกษาสามารถแบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1.การรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิของพื้นที่การศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2.การลงเก็บข้อมูลภาคสนาม (Field measurements) เพื่อสุ่มวางแปลงตัวอย่างในการวัดคุณสมบัติทางกายภาพของพรรณไม้ 3.การสำรวจระยะไกลโดยระบบหุ่นยนต์อากาศยาน จากนั้นจะนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม และข้อมูลที่ได้จากระบบหุ่นยนต์อากาศยานมาเชื่อมโยงเข้าด้วยกัน กับเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลภาพเชิงวัตถุ ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1พื้นที่การศึกษา

ตำแหน่งของที่ตั้งโครงการพัฒนาที่ดินมูลนิธิชัยพัฒนา ตำบลท่าช้าง อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี มีพิกัดทางภูมิศาสตร์ คือ 182982 E 1396173 N มีพื้นที่โดยประมาณ 17 ไร่ แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 พื้นที่โครงการพัฒนาที่ดินมูลนิธิชัยพัฒนา ตำบลท่าช้าง

3.2 การเตรียมข้อมูล

ทำการเตรียมข้อมูลพื้นฐานทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ศึกษา (GIS database) เพื่อช่วยในการสำรวจภาคสนามให้มีความถูกต้องทั้งทางทฤษฎี และปฏิบัติ โดยฐานข้อมูลทางภูมิสาสตร์ที่ได้จัดเตรียม ได้แก่ ขอบเขตการปกครองระดับตำบล (Tambon Boundary) ขอบเขตและขนาดของพื้นที่การศึกษา (Admin Boundary) เส้นถนน (Road) ภาพพื้นที่การศึกษาซึ่งได้จากภาพถ่ายโปรแกรม Google Earth ปี 2014

3.3 การเก็บข้อมูลภาคสนาม

การเก็บข้อมูลในภาคสนามจะทำการวางแปลงตัวอย่างชั่วคราว (Temporary plot) และกำหนดการสุ่มจำนวนตัวอย่าง โดยจะวางแปลงขนาด 10x10 เมตร เพื่อสำรวจไม้ใหญ่ (คู่มือการเรียนรู้ด้วยตนเองของชุมชนด้านความหลากหลายทางชีวภาพด้านพืช, 2553) คือไม้ที่มีเส้นรอบวงระดับอกมากกว่า 15 เซนติเมตร และแปลงขนาด 4x4 เมตรเพื่อสำรวจไม้หนุ่ม คือไม้ที่มีเส้นรอบวงน้อยกว่า 15 เซนติเมตร และใช้เครื่องบอกตำแหน่งพิกัดบนพื้นผิวโลก (Global Positioning System : GPS) ทำการเก็บตำแหน่งของพืชพรรณที่ได้สำรวจในแปลงตัวอย่างชั่วคราว และถ่ายรูปไว้ประกอบตำแหน่งของพรรณไม้แต่ละชนิดเพื่อนำข้อมูลไปใช้ร่วมกับภาพจากหุ่นยนต์อากาศยาน

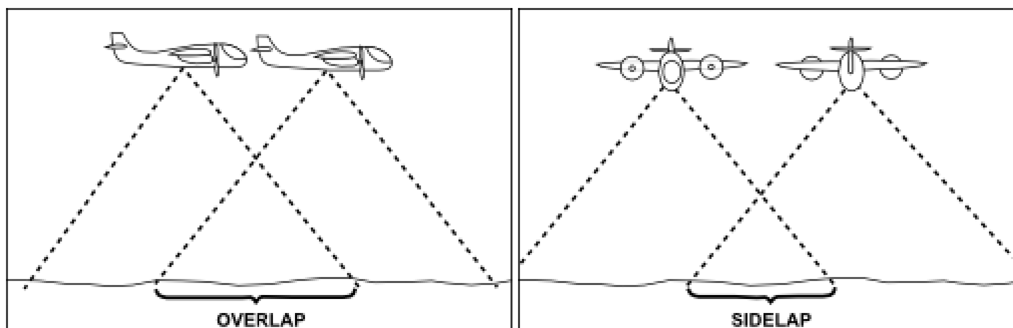
3.4 การวางแผนแนวบิน และการถ่ายภาพจากระบบหุ่นยนต์อากาศยาน

กำหนดแนวการบินแบบกริด (Grid flight planing) แสดงดังรูปที่ 2 โดยให้ครอบคลุมในพื้นที่การศึกษา และเพื่อเพิ่มความถูกต้องในการปรับแก้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ จะต้องทำจุดอ้างอิงพิกัด (Ground Control Point : GCP) เพื่อเป็นจุดอ้างอิงในการปรับแก้ภาพถ่ายเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction) ให้มีความถูกต้องมากที่สุด



รูปที่ 2 การวางแผนแนวบินแบบกริด

ทำการบันทึกภาพถ่ายทางอากาศด้วยกล้องบันทึกภาพแบบ True color RGB โดยบินถ่ายเป็นแนวอย่างเป็นระบบเพื่อให้ง่ายต่อการประมวลผล โดยที่แนวบินจะต้องมีการซ้อนทับของภาพทั้งทางด้านหน้า (Overlap) ที่ 80% และด้านข้าง (Side lap) ที่ 60% แสดงดังรูปที่ 3 เพื่อความสมบูรณ์ของภาพถ่ายทางอากาศ



รูปที่ 3 การบินซ้อนทับของภาพ
(ที่มา : Melown Maps)

ในการถ่ายภาพถ่ายทางอากาศจะบินที่ความสูง 100 เมตร ความเร็วอยู่ที่ 6 เมตรต่อวินาที ปรับกล้องให้ถ่ายเป็นแนวดิ่งขนานกับพื้น และบันทึกภาพที่ 5 วินาทีต่อรูป โดยกล้องที่ใช้ในการบันทึกภาพยี่ห้อ Sony มิติได้ กล้องที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือกล้องดิจิตอล Sony รุ่น EXMOR Resolution : 4000x3000 pixel, Focal length : 20 mm. และ Pixel sixe : 4.2 µm ก่อนการบินจะมีการคำนวณความสูงของการบิน โดยสมการที่ (1) ดังนี้

$$\frac{GSD}{pixelsize} = \frac{Altitude}{focal} \tag{1}$$

เมื่อ Ground Sampling Distance (GSD) แทน ความละเอียดภาพต่อพิกเซลล (เซนติเมตร/พิกเซล)
Pixelsize แทน ขนาดภาพของกล้อง (μm)
Altitude แทน ความสูงในการบิน (m)
Focal แทน ความยาวโฟกัสของกล้อง (mm)

เมื่อได้ภาพจากอากาศยานไร้คนขับแล้วจะนำภาพมาทำการ mosaic เพื่อให้ได้ภาพ Orthomosaicรายละเอียดสูงของพื้นที่ศึกษา และนำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศไปวิเคราะห์ช่วงค่าการสะท้อนของพรรณไม้แต่ละชนิดต่อไป

3.5 การเตรียมชั้นข้อมูลเพื่อจำแนก

3.6.1 ข้อมูลภาคสนาม ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งของต้นไม้ที่ได้จากการวางแปลงตัวอย่าง และเก็บพิกัดจาก GPS เพื่อให้ง่ายต่อการจำแนก และตรวจสอบผลความถูกต้องได้

3.6.2 ข้อมูลจากระบบหุ่นยนต์อากาศยาน นำมาเป็นปัจจัยในการจำแนกข้อมูล ประกอบด้วย 1.ค่าการสะท้อนพลังงานที่ได้จากภาพสีจริง True color RGB (แสดงดังตารางที่ 1) 2.ดัชนีพืชพรรณที่ใช้ในการศึกษาเบื้องต้นคือ Green-Red Vegetation Index (Takeshi Motohka, 2010) โดยสมการที่ (2) ดังนี้

$$GRVI = \frac{\rho_{green} - \rho_{red}}{\rho_{green} + \rho_{red}} \quad (2)$$

เมื่อ green แทน ช่วงคลื่นตามองเห็นสีเขียว (0.5 – 0.6 **μm**)
red แทน ช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง (0.6 – 0.7 **μm**)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของช่วงคลื่นตามองเห็น และอินฟราเรดใกล้

ช่วงคลื่น	ความยาวช่วงคลื่น (μm)	การนำมาใช้ประโยชน์ (Applications)
1. B/G	0.45-0.52	ผ่านทะลุน้ำ ดูความแตกต่างของพืช พันธุ์สีเขียว แสดงความแตกต่างระหว่างป่าผลัดใบกับป่าสนซึ่งไม่ผลัดใบ
2.Green	0.52-0.60	แยกประเภทพืชพันธุ์สีเขียว เพราะมี การสะท้อนสูง มีประโยชน์ในการประเมินความแข็งแรงของพืช
3.Red	0.63-0.69	มีการดูดกลืนคลอโรฟิลด์สูงมาก ใช้แยกชนิดของพืช

(ที่มา : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2555)

3.6 การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ

ในขั้นต้น ได้ดำเนินการแยกส่วนภาพแบบ Multiscale segmentation (ฐิตาภรณ์, 2556) โดยแบ่งกลุ่มข้อมูลภาพที่มีค่าการสะท้อนที่ใกล้เคียงกันรวมเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นวัตถุขึ้นมา ซึ่งจะพิจารณาจากการกำหนดค่าเกณฑ์พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการแยกส่วนภาพ (Empirical Visualization) จากนั้นดำเนินการจำแนกประเภทข้อมูล (Tree stand Classification) โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์แบบ Rule based classification โดยนำค่าการสะท้อนของแต่ละช่วงคลื่น (Single bands) และค่าดัชนีพืชพรรณ GRVI ประกอบกับข้อมูลภาคสนามเพื่อนำไปจำแนกพรรณไม้ยืนต้นแบบอัตโนมัติ และในขั้นสุดท้ายทำการประเมินการตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำแนกข้อมูลโดยใช้วิธีการสร้าง Error Matrix หรือ Confusion Matrix และใช้ Kappa coefficient มาแสดงระดับความสอดคล้องระหว่างข้อมูลอ้างอิง และผลการจำแนกที่ได้มาเป็นระดับความเชื่อมั่นของข้อมูล (Cohen, 1960)

4.ผลการวิจัย

จากผลการศึกษาเบื้องต้น ได้ทดลองจำแนกพรรณไม้ยืนต้น 2 ชนิด จากพื้นที่การศึกษา จากการสร้างแบบจำลองที่ช่วยในการจำแนกแบบ Rule based classification เข้าช่วยในการจำแนกในเบื้องต้น ซึ่งผลการศึกษาขั้นต้นมีดังนี้ 1.ภาพถ่ายทางอากาศ 2.การจำแนกส่วนภาพ Multiscale Segmentation 3.แบบจำลองแบบ Rule based classification

4.1 แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ Orthomosaic

เมื่อได้ภาพจากระบบหุ่นยนต์อากาศยานที่ได้วางแผนการบินไว้ โดยภาพที่ได้จะนำมาทำการต่อภาพเข้าด้วยกัน จะได้ภาพ Orthophoto ของพื้นที่การศึกษา ค่าความถูกต้องเฉลี่ย คือ Geolocation Error X = 1.894 meter, Geolocation Error Y = 1.217 meter



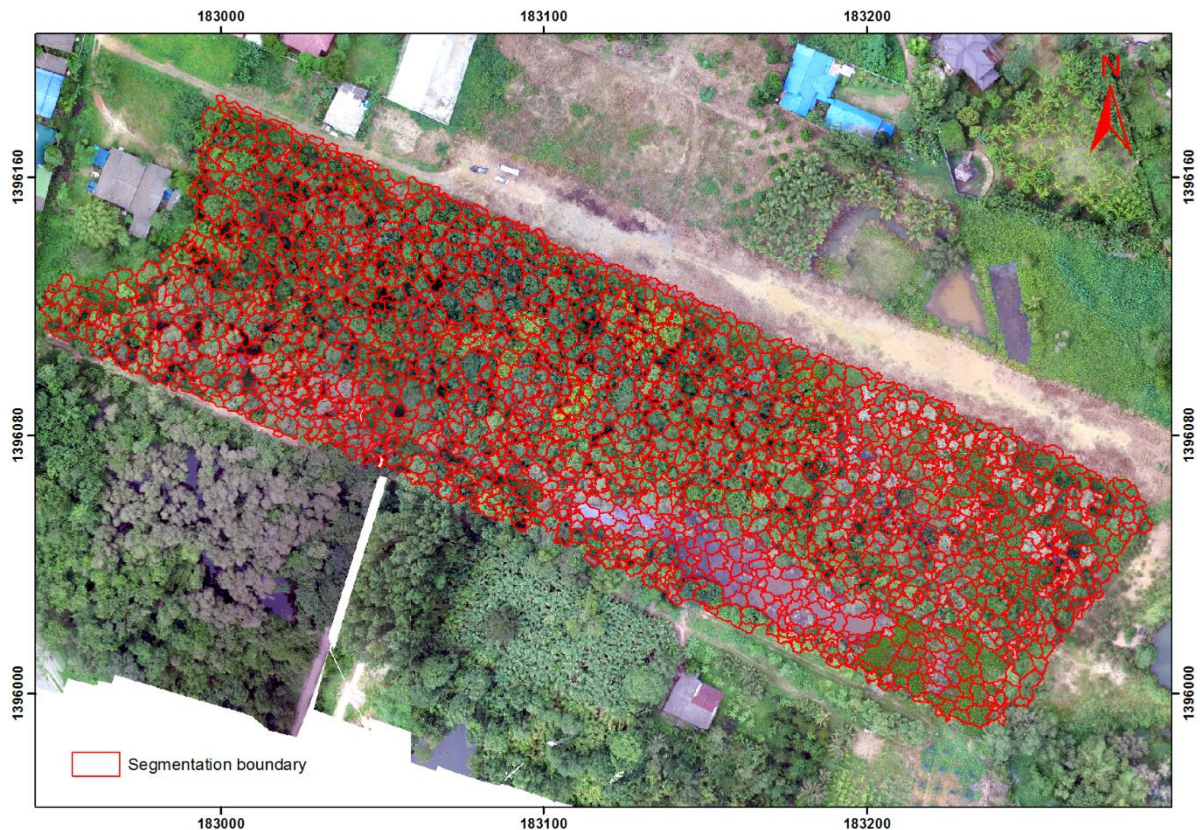
รูปที่ 4 ภาพ Orthomosaic ของพื้นที่การศึกษา

4.2 การจำแนกส่วนภาพ Multiscale segmentation

ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดในการจำแนกวัตถุ (Object) แบบ (Empirically Visualization) ได้แก่ Scale parameter = 100, Shape = 0.5, Compactness = 0.9, Image layer weights = 1 แสดงดังรูปที่ 5

โดยพบ Object ขนาดใหญ่ที่สุดมีขนาด เท่ากับ 7.8 ตารางเมตร

Object ขนาดเล็กที่สุดมีขนาด เท่ากับ 1 ตารางเมตร



รูปที่ 5 ภาพการทำ Multiscale Segmentation

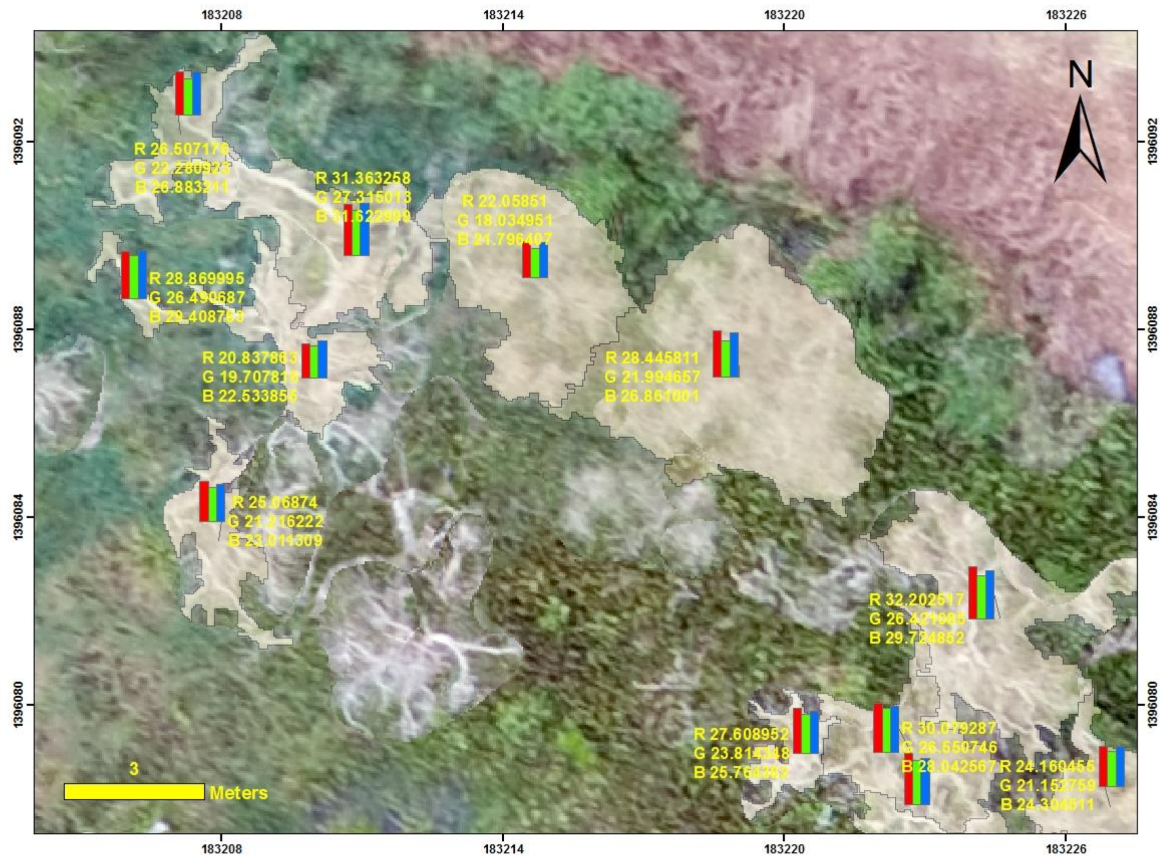
4.3 แบบจำลอง Rule based classification

ผลจากการศึกษาเบื้องต้นที่ได้ข้อมูลภาพจากระบบหุ่นยนต์อากาศยาน โดยเลือกตัวอย่างพรรณไม้มา 2 ชนิด เพื่อเป็นตัวอย่างในการหาค่าของช่วงการสะท้อนจากช่วงคลื่นตามองเห็น สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ผนวกกับนำเอาดัชนีพรรณพืช Green-Red Vegetation Index เข้ามาช่วยในการจำแนกพรรณไม้ทั้งสองประเภท ทำให้ได้สมการการจำแนกแบบ Rule based statement ของพรรณไม้ทั้งสองชนิด แสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งผลการประเมินค่าความถูกต้องอยู่ที่ 60% จากผลการจำแนกข้างต้น แสดงดังรูปที่ 6-9

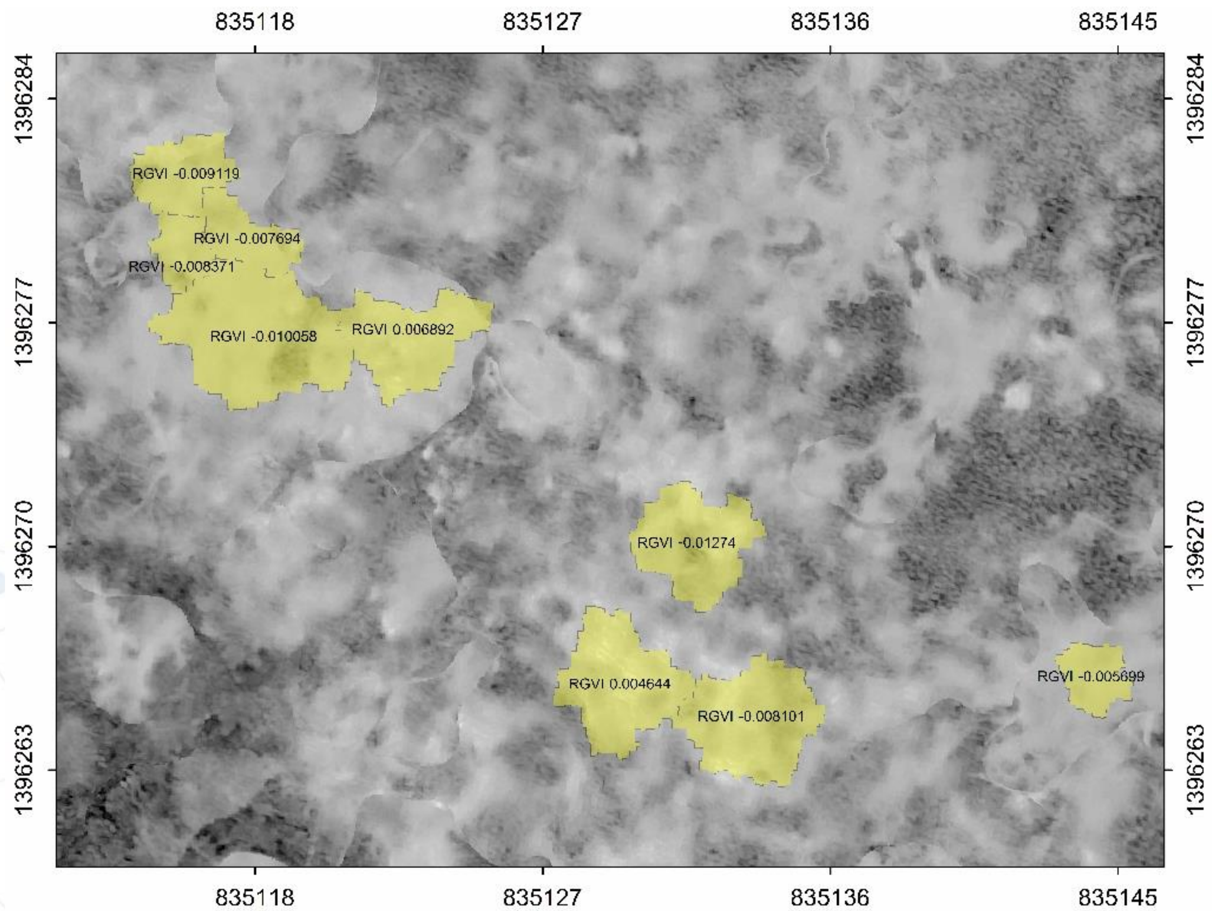
ตารางที่ 2 แสดง Tree class model

Tree Class	Rule based statement
S1	[Band Red-R (152.48-196.752)] and [Band Green-R (154.843-196.277)] and [Band Blue-R (146.72-195.212)] and [Veg GRVI-R (-0.01382-0.00728)]
S2	[Band Red-R (85.602-115.614)] and [Band Green-R (120.231-190.615)] and [Band Blue-R (58.795-104.151)] and [Veg GRVI-R (-0.18382-(-0.1007)]

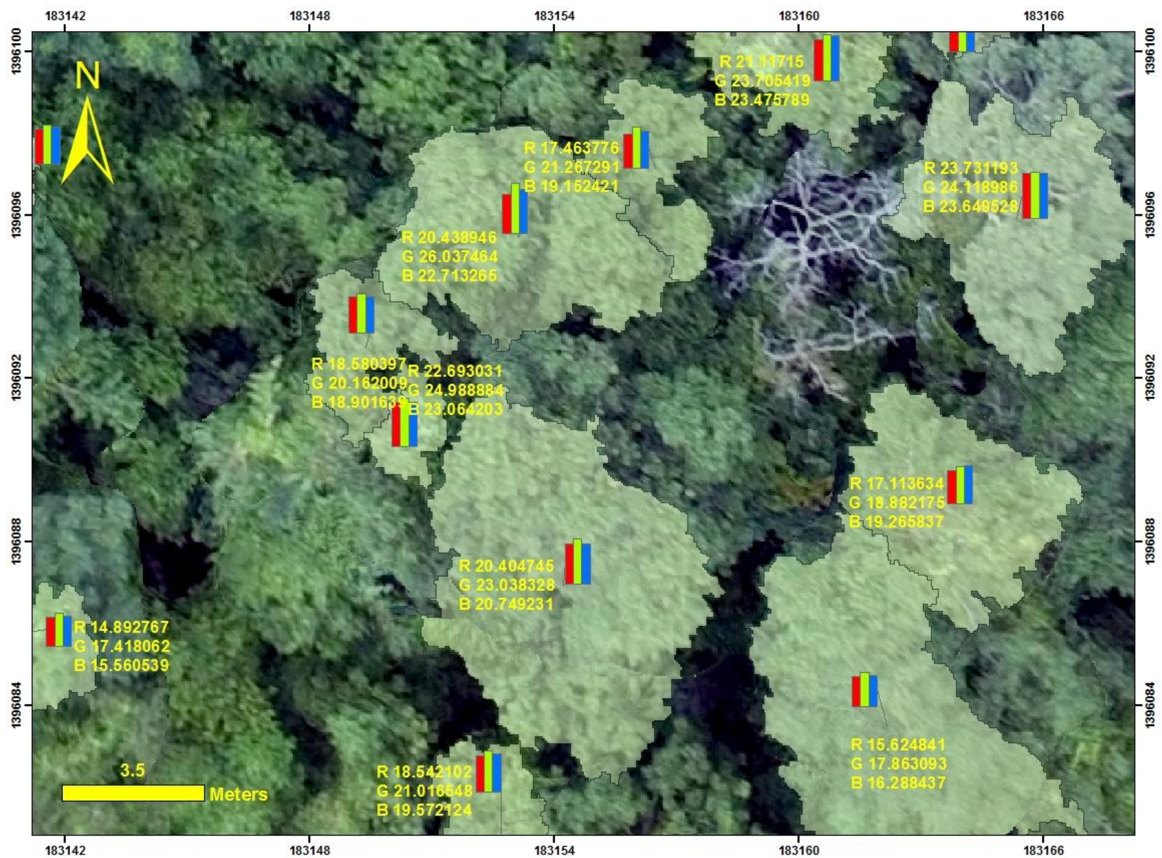
-R = Range



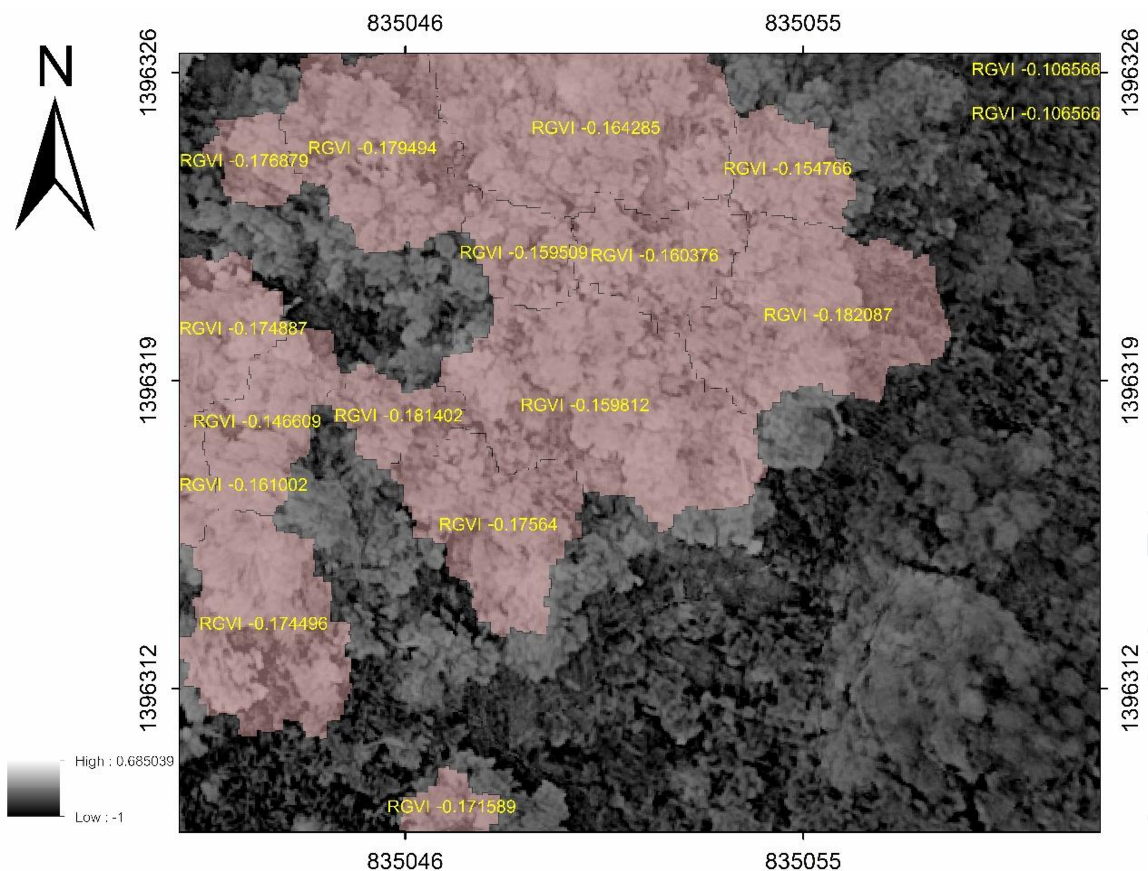
รูปที่ 6 แสดงพรรณไม้ S1 จากการจำแนกภาพ True color RGB



รูปที่ 7 แสดงพรรณไม้ S1 จากการจำแนกภาพดัชนีพืชพรร GRVI



รูปที่ 8 แสดงพรรณไม้ S2 จากการจำแนกภาพ True color RGB



รูปที่ 9 แสดงพรรณไม้ S2 จากการจำแนกภาพดัชนีพืชพรรณ GRVI

5.วิจารณ์ผลและสรุปผล

ระบบหุ่นยนต์อากาศยานช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสำรวจจากรูปแบบของของภาพถ่ายดาวเทียมได้อย่างดี เนื่องจากหุ่นยนต์อากาศยานนั้นได้ภาพที่มีรายละเอียดสูง ผนวกกับภาพที่ได้มีเป็นปัจจุบัน ใกล้เคียงและเปลี่ยนแปลงไปน้อยที่สุด ทั้งยังสามารถกำหนดช่วงเวลา (Temporal resolution) ในการบินเก็บภาพถ่ายทางอากาศเพื่อหลีกเลี่ยงสภาพอากาศหรือสิ่งรบกวนต่างๆ ซึ่งดาวเทียมนั้นสามารถทำได้ยากกว่า ระบบหุ่นยนต์อากาศยานจึงเป็นตัวช่วยที่สำคัญในการสำรวจพื้นที่และการทำแผนที่ภาพถ่ายรายละเอียดสูง ที่มีความเป็นปัจจุบันมากที่สุดในพื้นที่ศึกษา

จากผลการวิจัยเบื้องต้นในการใช้โมเดลแบบ Rule based ในการจำแนกถือว่าออกมาได้ดี โดยมีค่าความเชื่อมั่นอยู่ที่ 60% โดยพรรณไม้ที่พบส่วนใหญ่ได้แก่ มะเดื่อ *Hevea brasiliensis* (ยางพารา), (*Hevea brasiliensis) Croton Oblongifolius* (เปล้าใหญ่), *Clausena excavata Burm* (สันโสก), *Microcos tometosa* (พลับพลา) และ *Melaleuca quinquenervia* (เสม็ดขาว) และในการทำส่วนเพิ่มเติมต่อไปจะเพิ่มชั้นข้อมูลที่เป็นช่วงคลื่น Near-Infrared ที่สามารถสะท้อนที่สามารถสะท้อนค่าพลังงานจากพืชได้ดี ชั้นข้อมูลลายพื้นผิว (Textural information) ชั้นข้อมูลสามมิติ (Canopy Height Model) เพื่อช่วยเสริมในการจำแนกพรรณไม้ยืนต้นต่อไปในอนาคต

6.ข้อเสนอแนะ

ในการเก็บข้อมูลพื้นที่ศึกษาควรจะทำให้ครบทั้ง 3 ฤดูกาลเพราะต้นไม้แต่ละประเภทมีการผลัดใบตามฤดูกาล ทำให้ค่าการสะท้อนพลังงานอาจจะมีความคลาดเคลื่อนได้ เมื่อทำทั้ง 3ฤดูกาลจะทำให้ได้โมเดลของพรรณไม้แต่ละชนิดในแต่ละฤดูกาลได้ละเอียดกว่า และควรทำโมเดลแต่ละพรรณไม้ในช่วงอายุต่างๆ ของพรรณไม้ชนิดนั้นๆ

โมเดลที่ได้นั้นไม่สามารถใช้กับพื้นที่ในภาคอื่นๆ ได้ อาจจะเนื่องด้วยปัจจัยทางสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ชั้นดิน ชั้นหิน ที่เป็นตัวกำหนดการเจริญเติบโตของพรรณไม้แต่ละชนิดของแต่ละพื้นที่

เอกสารอ้างอิง

กรมแผนที่ทหาร. (2555). **การใช้โปรแกรมภูมิสารสนเทศในการสร้างแบบจำลองความสูงสามมิติของภูมิประเทศ.** กองยีออเดซี่ และยีออฟิสิกส์

กรมป่าไม้. (2553). **คู่มือการเรียนรู้ด้วยตนเองของชุมชนด้านความหลากหลายทางชีวภาพ "ด้านพืช".** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย

กรมป่าไม้. (2557). **คู่มือการปฏิบัติงานตามแนวทางการจัดทำโครงการป่าชุมชนของกรมป่าไม้.** ส่วนส่งเสริมการจัดการป่าชุมชน สำนักจัดการป่าชุมชน.

กรมป่าไม้. (2558). **แผนกลยุทธ์สำนักจัดการป่าชุมชน ปี พ.ศ. 2555 - 2558.** สำนักจัดการป่าชุมชน.

ฐิตาภรณ์ สาดแสงจันทร์. (2556). **การจำแนกเชิงวัตถุจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม THEOS : กรณีศึกษาในบริเวณจังหวัดนนทบุรี.** ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เพ็ญพรรณ บุญเติม และวิชัย เยี่ยงวีรชน. (2555). **การเปรียบเทียบกระบวนการจำแนกข้อมูลด้วยวิธีเชิงจุดภาพ และเชิงวัตถุ โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม SPOT5.** ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพศาล สันติธรรม. (2555). **การรังวัดด้วยภาพดิจิทัล.** กรุงเทพฯ : บริษัท แอคทีฟ พริ้น จำกัด.

มนตร์พล ธนบูรณ์กาญจน์ และวิชัย เยี่ยงวีรชน. (2551). **การเปรียบเทียบกระบวนการจำแนกข้อมูลด้วยวิธีเชิงจุดภาพ และเชิงวัตถุโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม ALOS AVNIR-2.** ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (สสวท.). (2555). **UAV (Unmanned Aerial Vehicle)** วันที่ค้นหาข้อมูล 24 กรกฎาคม 2558, เข้าถึงได้จาก http://firldtrip.ipst.ac.th.

สรรทราย สุทธินนท์, กัมปนาท ปิยะธำรงชัย และจันทร์จิรา พยัคฆ์เพศ. (2558). **การเปรียบเทียบกระบวนการจำแนกข้อมูลระหว่างวิธีการจำแนกข้อมูลเชิงจุดภาพและวิธีการจำแนกข้อมูลภาพเชิงวัตถุ โดยใช้ภาพถ่ายปรับความคมชัดจากดาวเทียมไทยโชต.** ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์กรมหาชน). (2552). **ตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศศาสตร์.** กรุงเทพฯ: อมรรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

K. Charoenjit, P. Zuddas, P. Allemand, S. Pattanakiat, K. Pachana, **Estimation of biomass and carbon stock in Para rubber plantations using object-based classification from Thaichote satellite data in Eastern Thailand,** J. Appl. Remote Sens., 9(1), 096072 (2015). doi:10.1117/1.JRS.9.096072.

Matthias, N., Michael, G., Ralf, B., Frank, N. & Gorres, G. (2013). **Accuracy comparison of Digital Surface Models created by UAS imagery and Terrestrial Laser Scanner.** The Professorship for Geodesy & Geoinformatics of the Rostock University : Germany.

Niels, A., Rens, M. & Saskia, K. (2013). **High-Res Digital Surface Modeling using Fixed-Wing UAV-based Photogrammetry.** *Geomorphometry*.

Haralick, R. M., K. Shanmugan and I. Dinstein. (1973). **Textural features for image classification. IEEE Trans. on systems. Man, and cybernetics.** Vol SMC-3, No. 6. pp. 610-621.

Haralick. R. M. (1979). **Statistical and structural approaches to Texture.** Proceedings of the IEEE. Vol. 67, No. 5. pp. 786-804.

Wayne, W. & Ned, H. (2010). **An Introduction to Image Segmentation and Object-oriented Analysis.** Center for Biodiversity and Conservation of the University of Mulawarman : Indonesia.

การพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กับงานทางด้านประวัติศาสตร์

Development of Historical Geographic Information System

วิระพงศ์ จันทร์สนาม[1] วิภา เจริญภัณฑารักษ์[2] และนิศาชล จำนงศรี[3]

Wirapong Chansanam, Vipa Jaroenpuntaruk and Nisachol Chamnongsri

[1]มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ [2]มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช [3]มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

e-mail: wirapongc@cpru.ac.th, vipa.jar@stou.ac.th, nisachol@sut.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กับงานทางด้านประวัติศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาประวัติศาสตร์ของการอพยพเคลื่อนย้ายสู่การตั้งเมืองในภาคอีสานของประเทศไทย (2) เพื่อออกแบบเค้าร่างเมทาดาตาสำหรับข้อมูลด้านประวัติศาสตร์การตั้งเมืองในภาคอีสานของประเทศไทย และ (3) เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์งานทางด้านประวัติศาสตร์ ใช้วิธีการการวิจัยและพัฒนาเป็นระเบียบวิธีวิจัยเพื่อพัฒนาและทดสอบประเมินเมทาดาตาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์งานทางด้านประวัติศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า เค้าร่างเมทาดาตาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์งานทางด้านประวัติศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น ผ่านเทคนิคการประเมินผลการค้นคืนสารสนเทศ โดยการตั้งคำถามเชิงสัมพันธ์และทดสอบการเรียกค้นคืนสารสนเทศเพื่อหาระดับความแม่นยำ และความครบถ้วนของการค้นคืน ได้ค่าระดับความแม่นยำ คือ ร้อยละ 91.68 และความครบถ้วน คือ ร้อยละ 75.74 ของการเรียกค้นคืนสารสนเทศ ส่วนประสิทธิภาพโดยรวมเท่ากับ ร้อยละ 82.78 ผลที่ได้จากการประเมินคือความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดโดยรวมทุกด้าน ($\overline{X}$ = 4.83) สรุปได้ว่าระบบต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมีความน่าเชื่อถือแสดงให้เห็นถึงความสำเร็จจากการตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาต่อยอด เพื่อที่จะทำให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและมีคุณประโยชน์และคุณค่าทางวิชาการทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารต่อไป

คำสำคัญ: ประวัติศาสตร์อีสาน เมทาดาตา ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เว็บเซอร์วิสเชิงความหมาย

ABSTRACT

In this paper, a development of historical geographic information system technique is proposed. The objectives of this research are 1) to study the history of migration to the city settlement in the northeast of Thailand 2) to design metadata schema for the history of the city settlement in the northeast of Thailand, and 3) to develop the Historical Geographic Information System for the history of the city settlement in the northeast of Thailand. The Research and Development methodology (R&D) was for developing and evaluation testing the metadata schema for the history of the city settlement in the northeast of Thailand. Results of the research presented the metadata schema prototype of the city settlement in the northeast of Thailand. For the evaluation of information retrieval (IR), its precision was 91.68 percent, 75.74 percent of recall, and overall performance or F-Measure on the semantically search was 82.78 percent. The satisfactory evaluation was in the highest level in all aspects ($\overline{X}$ = 4.83). It concluded that the system prototype demonstrated the successfulness on reliability and verified the integrity of the information in the web base application. It can be used to develop in order to make it more efficient, and it was useful and had the academic value for the information and communication technology.

KEY WORDS: Esaan historical, metadata, geographic information system, semantic web service

1. บทนำ

การศึกษาความเป็นมาของมนุษยชาติหรือสังคมใดสังคมหนึ่งตั้งแต่อดีต ปัจจุบัน ถึงอนาคต โดยอาศัยวิธีการบางประการที่เป็นที่รู้จักกันว่าวิธีการของประวัติศาสตร์ (Historical Method) (นิธิ เอียวศรีวงศ์, 2527) ซึ่งเป็นการเขียนข้อเท็จจริงของเหตุการณ์และประสบการณ์ในอดีตที่นักประวัติศาสตร์เห็นว่ามีคุณค่าขึ้นมาใหม่ โดยอาศัยการวิจัยค้นคว้า การวิเคราะห์ และการแปรความหมาย จากหลักฐานทั้งปวงที่มีอยู่ (สืบแสง พรหมบุญ, 2523) วิชาประวัติศาสตร์มีจุดมุ่งหมายเช่นเดียวกันกับวิทยาการแขนงอื่น ๆ ประการหนึ่งคือ ความพยายามที่จะประมาณความเป็นจริงที่สุด ซึ่งขั้นตอนแรกของการศึกษาคือการกำหนดปัญหา โดยการตั้งประเด็นปัญหาทางประวัติศาสตร์ที่เกิดจากความต้องการที่จะรู้สิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือมุ่งหาคำตอบในปัญหาใดปัญหาหนึ่งโดยมีคำถามในปัญหาทางประวัติศาสตร์ที่สำคัญ คือ พื้นที่ทางภูมิศาสตร์ที่ต้องการศึกษาอยู่พื้นที่ส่วนใดของโลก บุคคลหรือคณะบุคคลที่ต้องการทำการศึกษาเป็นใคร ช่วงระยะเวลาที่ต้องการทำการศึกษาอยู่ในช่วงเวลาใด และประเภทกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์มีด้านอะไรบ้าง (ดารารัตน์ เมตตาริกานนท์, 2548) ประวัติศาสตร์ชุมชนหรือประวัติศาสตร์จากภายในชุมชนเป็นประวัติศาสตร์ที่คนในชุมชนเชื่อว่าเป็นประวัติศาสตร์หรืออดีตของชุมชนนั้น ที่คนในชุมชนเล่าให้ลูกหลานฟังสืบทอดต่อกันมา ชาวบ้านในชุมชนอาจเรียกประวัติศาสตร์ว่า "ตำนาน" โดยเล่าเรื่องเป็นนิทาน การจดจำอดีตนี้เป็นสิ่งที่มีมานาน อย่างไรก็ดียังไม่มีวิธีที่เป็น "ศาสตร์" (เกสิค, ลอเรน, 2530) ประวัติศาสตร์ท้องถิ่นคือการศึกษาสังคมมวลชนในท้องถิ่นตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน โดยมองผ่านข้อมูลหลักฐานของท้องถิ่นเป็นหลัก เป็นการมองท้องถิ่นจากเบื้องล่างขึ้นบน ซึ่งการศึกษาประวัติศาสตร์ท้องถิ่นจะช่วยให้ภาพของสังคมในระดับจุลภาคชัดเจนมากยิ่งขึ้น และในท้ายที่สุดจะช่วยให้มองเห็นภาพองค์รวมแห่งอดีตของสังคมทั้งหมดได้ ดังนั้นการศึกษาประวัติศาสตร์ท้องถิ่นจึงมักเป็นแบบสหวิทยาการโดยบูรณาการจากหลากหลายศาสตร์เข้าด้วยกัน (ดารารัตน์ เมตตาริกานนท์, 2548)

ในปัจจุบันข้อมูลทางด้านภูมิศาสตร์มีองค์กรหรือหน่วยงานทั้งภาครัฐบาลและเอกชน ได้จัดทำขึ้นในรูปแบบโครงการต่าง ๆ ออกมาเพื่อใช้งานเฉพาะหน่วยงานนั้น ๆ ของตนเป็นการเฉพาะ ซึ่งข้อมูลทางด้านภูมิศาสตร์ที่มีการจัดทำขึ้นมานั้นต้องใช้ทรัพยากรในการจัดทำค่อนข้างสูง ทั้งทรัพยากรบุคคล งบประมาณ และครุภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องในการจัดสร้างข้อมูลในแต่ละครั้ง เมื่อข้อมูลเหล่านั้นถูกนำมาใช้ประโยชน์แล้วเสร็จตามวัตถุประสงค์ของแต่ละโครงการไปแล้ว ข้อมูลเหล่านั้นก็จะถูกจัดเก็บไว้ยังหน่วยงานที่จัดทำขึ้นมา ซึ่งส่วนใหญ่ข้อมูลที่จัดทำขึ้นมาล้วนมีอายุค่อนข้างยาวนานและขาดการจัดทำคำอธิบายข้อมูลไว้สำหรับรายละเอียดคุณลักษณะของข้อมูลทางภูมิศาสตร์เหล่านั้น หรือที่รู้จักกันโดยทั่วไปว่า เมทาดาตา (Metadata) (Haynes, 2004 ; NISO, 2015) อย่างไรก็ตาม เมื่อไม่นานมานี้ข้อมูลส่วนใหญ่ที่มีการจัดทำขึ้นได้นำหลักการจัดมาตรฐานข้อมูลมาใช้แพร่หลายมากขึ้น เพื่อที่เวลาจะนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์จะได้ทราบถึงคุณลักษณะของข้อมูล มาตรฐานเมทาดาตา ที่เป็นสากลทั่วไปมีและเป็นที่นิยมใช้ในประเทศไทยมีอยู่สองมาตรฐานด้วยกันคือ FGDC ที่พัฒนาโดย Federal Geographic Data Committee (FGDC) ซึ่งเป็นหน่วยงานกลางด้านการประสานข้อมูลภูมิศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (GeoMAPP, 2009) และอีกมาตรฐานคือ ISO 19115 พัฒนาโดยคณะกรรมการเทคนิคคณะที่ 21 ขององค์การระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน (International Standard Organization: ISO)

ประโยชน์ของเมทาดาตาคือ ใช้ในการอธิบายคุณลักษณะของข้อมูล ช่วยในการสืบค้นข้อมูลทางด้านภูมิศาสตร์กายภาพ และที่สำคัญคือช่วยให้ทราบถึงข้อมูลภูมิศาสตร์ที่ได้จัดทำขึ้นมานั้นจัดเก็บไว้ที่ใดบ้าง ซึ่งจะสามารถช่วยลดการสร้างข้อมูลที่ซ้ำซ้อนได้ และช่วยให้ผู้ที่ต้องการใช้ข้อมูลทราบถึงสถานที่จัดเก็บข้อมูลผ่านระบบสืบค้นข้อมูลที่เรียกว่า Catalogue Services (Senkler and Voges, 2007) โดยสามารถสืบค้นผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต อย่างไรก็ดีหน่วยงานในประเทศไทยส่วนมากมักจะมีระบบการสืบค้นข้อมูลเฉพาะเพียงข้อมูลของแต่ละหน่วยงาน และไม่สามารถทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลของตัวเองกับหน่วยงานอื่น ๆ ซึ่งจะทำให้ผู้ที่จะต้องใช้ข้อมูล เกิดความยุ่งยากในการสืบค้นเพราะต้องไปค้นตามหน่วยงานนั้น ๆ และอาจจะทำให้ได้รับข้อมูลที่ไม่ครบถ้วนตามความต้องการได้

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาเค้าร่างเมทาดาต้นแบบเพื่อนำไปเป็นชุดข้อมูลในการการอธิบายข้อมูลทางด้านประวัติศาสตร์ที่มีการเชื่อมโยงกับข้อมูลทางด้านภูมิศาสตร์กายภาพ เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาข้อมูลด้านประวัติศาสตร์การอพยพย้ายถิ่นฐานการตั้งเมืองในภาคอีสานตั้งแต่ปลายสมัยกรุงศรีอยุธยาจนถึงการเปลี่ยนการปกครองเป็นแบบเทศาภิบาล โดยจะแสดงเห็นถึงที่ตั้งของเมืองในแต่ละช่วงเวลาในอดีตและพัฒนาการตลอดจนการถดถอยของแต่ละเมืองในมุมมองของโลก

ปัจจุบัน เพื่อให้สามารถเข้าใจและมองเห็นภาพการเคลื่อนย้ายของผู้คนและการตั้งเมืองโดยการประยุกต์เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ต เทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกล ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เทคโนโลยีการแสดงผลช่วงเวลา กับประวัติศาสตร์ท้องถิ่นว่าด้วยการตั้งเมืองเข้าด้วยกัน

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาประวัติศาสตร์ของการอพยพเคลื่อนย้ายสู่การตั้งเมืองในภาคอีสานของประเทศไทย ในช่วงปีพ.ศ. 2261-2437 (ประวัติศาสตร์ตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยาตอนปลายจนถึงการเปลี่ยนแปลงระบบการปกครองเป็นแบบเทศาภิบาล)

2.2 เพื่อออกแบบและพัฒนาเค้าร่างเมทาดาตาสำหรับข้อมูลด้านประวัติศาสตร์การตั้งเมืองในภาคอีสานของประเทศไทย

2.3 เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์งานทางด้านประวัติศาสตร์

3. วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) เพื่อพัฒนาและทดสอบประเมินเมทาดาตาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์งานทางด้านประวัติศาสตร์

แบ่งการวิจัยออกเป็น 3 ตอนตามวัตถุประสงค์การวิจัย ได้แก่ ตอนที่หนึ่งศึกษาประวัติศาสตร์ของการอพยพเคลื่อนย้ายสู่การตั้งเมืองในภาคอีสานของประเทศไทย ตอนที่สองออกแบบเค้าร่างเมทาดาตาประวัติศาสตร์ของการตั้งเมืองในภาคอีสานของประเทศไทย และตอนสุดท้ายพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กับประวัติศาสตร์ของการตั้งเมืองในภาคอีสานเพื่อทดสอบเค้าร่างเมทาดาตาโดยมีรายละเอียดขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

ตอนที่ 1 ศึกษาประวัติศาสตร์ของการอพยพเคลื่อนย้ายสู่การตั้งเมืองในภาคอีสานของประเทศไทย ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลทั้งสิ่งตีพิมพ์และเผยแพร่ในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์เพื่อนำข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ มาจัดระบบสารสนเทศดังต่อไปนี้

(ก) ด้านเนื้อหา เป็นการวิเคราะห์เอกสาร เพื่อจัดหมวดหมู่ประวัติศาสตร์ของการอพยพเคลื่อนย้ายสู่การตั้งเมืองในภาคอีสาน ของประเทศไทย โดยใช้หน่วยวิเคราะห์ จากเอกสาร หนังสือ เอกสาร วรรณกรรม ตำรา คู่มือ โครงการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากแหล่งทรัพยากรทั้งรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์และที่เป็นสิ่งตีพิมพ์

(ข) เครื่องมือในการเก็บข้อมูล เนื่องจากการศึกษาในขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์เอกสารเป็นหลักจึงนำแบบฟอร์มการวิเคราะห์เอกสารมาเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์

กระบวนการศึกษา

(ก) ขั้นตอนการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เอกสาร โดยจดบันทึกลงในแบบฟอร์มการวิเคราะห์ข้อมูล แล้วทำการจัดประเภทข้อมูลเพื่อจัดระบบข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบเดียวกัน

(ข) วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จัดประเภทข้อมูลไว้แล้วมาทำการสังเคราะห์จากข้อมูลและสารสนเทศที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล แล้วนำมาจัดระบบความรู้ใหม่ตามเทคนิควิธีการจัดระบบความรู้ แล้วจัดหมวดหมู่สารสนเทศแบบโครงสร้าง แบบการจัดโครงสร้างความรู้ (Knowledge Structure) เพื่อตรวจสอบและยืนยันความถูกต้องสอดคล้องกับการวิเคราะห์เอกสาร

(ค) ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาในขั้นตอนนี้คือโครงสร้างความรู้ประวัติศาสตร์การตั้งเมืองในภาคอีสานของประเทศไทย

ตอนที่ 2 การออกแบบและพัฒนาเมทาดาตาประวัติศาสตร์ของการตั้งเมืองในภาคอีสานของประเทศไทย

นำผลการศึกษาที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มาสร้างเป็นเมทาดาตาประวัติศาสตร์ของการตั้งเมืองในภาคอีสานของประเทศไทย โดยวิธีการดังต่อไปนี้

(ก) ศึกษาทบทวนการสร้างเมทาดาตาตามวิธีการพัฒนาเมทาดาตา

(ข) เครื่องมือในการพัฒนา ตามกระบวนการสร้างเมทาดาตา Fundamental Geographic Data Set: FGDS

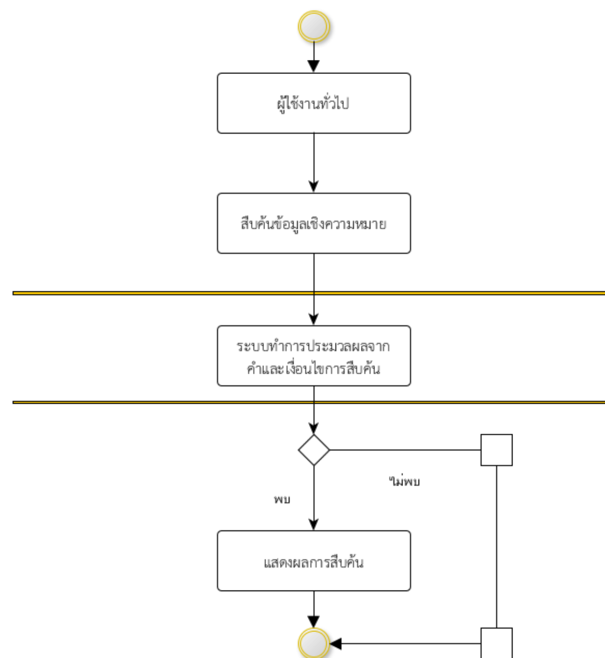
(ค) ออกแบบและสร้างเมทาดาตาตามมาตรฐานข้อกำหนดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (Fundamental Geographic Data Set: FGDS) (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2557) ประเภทชั้นข้อมูลเขตการปกครองเพียงประเภทเดียวเท่านั้นเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา ซึ่งเป็นหนึ่งในชุดมาตรฐานข้อกำหนดชุดข้อมูล FGDS ของประเทศไทย และปรับปรุงเพิ่มเติมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

(ง) ทำการวิเคราะห์ข้อมูล ตรวจสอบทบทวนความถูกต้องและแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

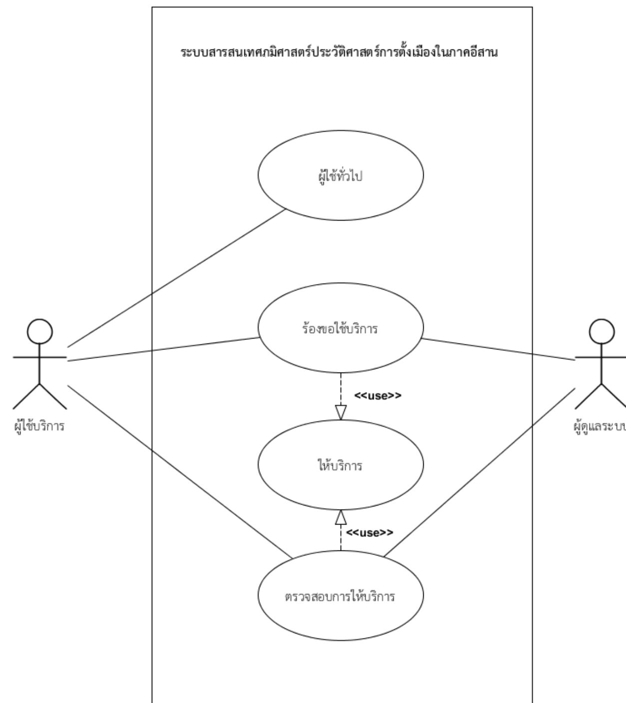
ตอนที่ 3 ทำการทดสอบเค้าร่างเมทาดาตาที่พัฒนาขึ้นโดยประยุกต์เทคโนโลยีเว็บเซอร์วิสกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยมีกระบวนการขั้นตอนดังต่อไปนี้

(ก) ทำการพัฒนาระบบตามวิธีการพัฒนาระบบ (SDLC) โดยกระบวนการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางด้านเว็บเซอร์วิสเชิงความหมาย Semantic Interoperability of Metadata and Information in unLike Environments: SIMILE Widgets Exhibit

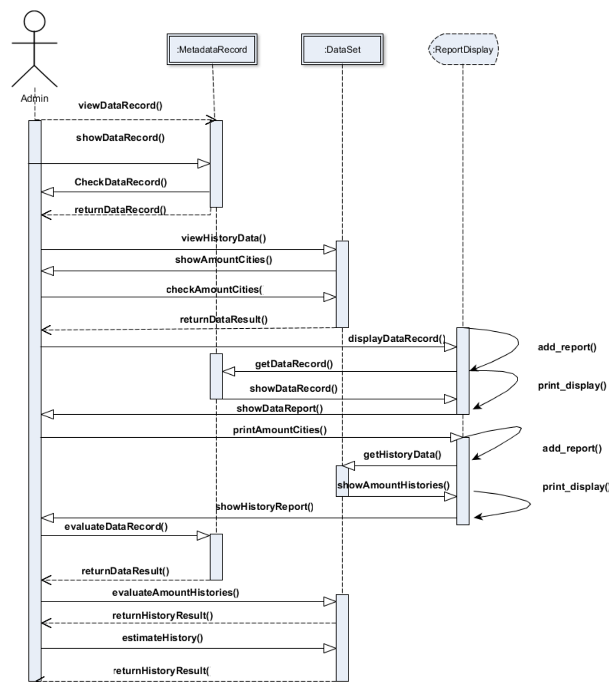
วิเคราะห์ความต้องการการทำงานของระบบ เพื่อออกแบบการทำงานตามที่ผู้ใช้ต้องการการสืบค้นข้อมูลจากระบบที่จะพัฒนาขึ้น ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพกิจกรรมแสดงความต้องการการทำงานของระบบ



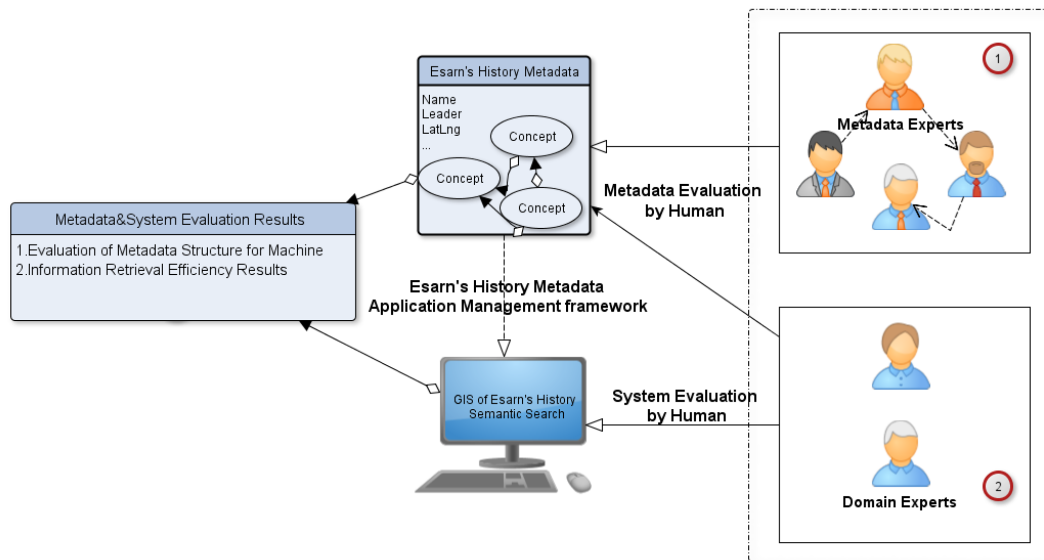
รูปที่ 2 แสดงแผนภาพยูสเคสของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประวัติศาสตร์การตั้งเมืองในภาคอีสาน



รูปที่ 3 แสดงแผนภาพลำดับเบื้องหลังการทำงานของระบบในการจัดเตรียมข้อมูล

(ข) เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาประกอบไปด้วยเทคโนโลยีเว็บเซอร์วิสเชิงความหมาย เทคโนโลยีการแสดงผลตามช่วงเวลา การแสดงพิกัดบนพื้นโลกโดย Google Maps API (Google Developer, 2015) และ SIMILE Widgets Exhibit (MIT Libraries and CSAIL, 2014)

(ค) ขั้นตอนการพัฒนา เริ่มจากออกแบบระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Management System: RDBMS) บนฐานข้อมูล MySQL ซึ่งเป็นซอฟท์แวร์รหัสเปิด (Open Source) ภายใต้ข้อตกลง General Public License—GNU ตามรูปแบบแนวทางการเก็บรวบรวมข้อมูล รวบรวมและบันทึกข้อมูลจากชั้นข้อมูลเขตการปกครองซึ่งเป็นพิกัดที่ตั้งเมืองครั้งแรกและครั้งต่อ ๆ มาจนถึงปัจจุบันซึ่งเป็นชุดข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิเคราะห์และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลลงไปในฐานข้อมูลที่พัฒนาขึ้น และปรับปรุงส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ด้วยภาษาจาวา (JavaServer Pages: JSP) และประยุกต์เพื่อเชื่อมโยงการทำงานร่วมกันกับเทคโนโลยีแสดงผลตามช่วงเวลา และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วย Google Maps API



รูปที่ 4 แสดงกระบวนการประเมินระบบ

(ง) ทดสอบระบบโดยผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านประวัติศาสตร์อีสานจำนวน 3 ท่าน ทำการทดสอบการใช้งานของระบบ

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประวัติศาสตร์ของการตั้งเมืองในภาคอีสานต้นแบบที่พัฒนาขึ้น มุ่งเน้นไปที่ผลลัพธ์ที่ได้จากผลการแสดงการสืบค้นสารสนเทศที่ถูกต้อง ตรงตามที่ผู้ใช้ตั้งคำถามและร้องขอการสืบค้น ดังนั้นเทคนิคของการประเมินผลการค้นคืนสารสนเทศ (Information Retrieval: IR) จึงมีความสำคัญในการพัฒนาเครื่องมือหรือวิธีการที่ใช้ในการค้นคืนให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด และถูกเลือกนำมาใช้ ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินได้พิจารณาถึงเนื้อหาของชุดข้อมูล อัตราการค้นคืน อัตราความถูกต้อง และอัตราความใหม่ในการค้นคืนข้อมูล และคำนึงถึงเวลาที่ใช้ในการค้นคืนและการรอผลจากการค้น ความพยายามของผู้สืบค้น รูปแบบของผลลัพธ์ในการค้น ค่าใช้จ่าย ความถูกต้องแม่นยำของข้อมูล และความพึงพอใจของผู้สืบค้น ในการประเมินระบบฐานความรู้ครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวัดประสิทธิภาพของการเรียกค้นคืนโดยพิจารณาจากระดับความแม่นยำ (precision) และความครบถ้วน (recall) ของการค้นคืน (Belew, 2000) และวัดประสิทธิภาพโดยรวมด้วยค่า F-Measure precision เป็นการวัดความสามารถในการที่จะขจัดเอกสารที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป โดย precision เป็นอัตราส่วนของ จำนวนเอกสารที่เกี่ยวข้องและถูกดึงออกมา กับ จำนวนเอกสารที่ถูกดึงออกมาทั้งหมด recall เป็นการวัดความสามารถของระบบในการดึงเอกสารที่เกี่ยวข้องออกมา โดย recall เป็น อัตราส่วนของ จำนวนเอกสารที่เกี่ยวข้องและถูกดึงออกมา กับ จำนวนเอกสารที่เกี่ยวข้องทั้งหมด relevant คือ จำนวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง retrieved คือ จำนวนเอกสารที่ถูกดึงออกมา โดยมีรายละเอียดสมการดังนี้

$$\boldsymbol{Precision} = \frac{\text{จำนวนของเอกสารที่เกี่ยวข้องและถูกดึงออกมา}}{\text{จำนวนเอกสารที่ถูกดึงออกมาทั้งหมด}}$$

Precision=จำนวนของเอกสารที่เกี่ยวข้องและถูกดึงออกมา/จำนวนเอกสารที่ถูกดึงออกมาทั้งหมด

และ

Recall=จำนวนของเอกสารที่เกี่ยวข้องทั้งหมดและถูกดึงออกมา/จำนวนเอกสารที่เกี่ยวข้องทั้งหมด

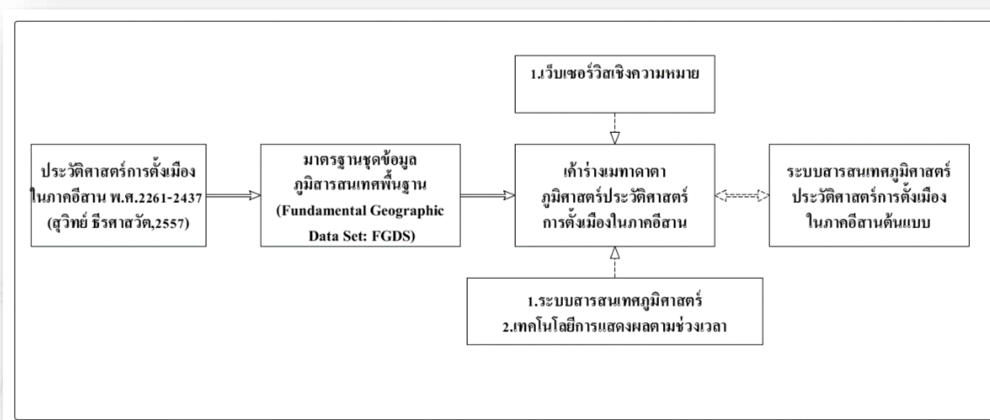
$$\boldsymbol{Recall} = \frac{\text{จำนวนของเอกสารที่เกี่ยวข้องทั้งหมดและถูกดึงออกมา}}{\text{จำนวนเอกสารที่เกี่ยวข้องทั้งหมด}}$$

$$\boldsymbol{F - Measure} = \frac{\boldsymbol{2Precision\ Recall}}{\boldsymbol{Precision + Recall}}$$

เกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพของระบบคือค่า F-Measure ต้องมากกว่าร้อยละ 80 จึงจะถือว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในระดับดี

(จ) ทำการวิเคราะห์และแปรผลข้อมูลโดยตรวจสอบและประเมินระบบประวัติศาสตร์การตั้งเมืองในภาคอีสานที่พัฒนาขึ้น โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านประวัติศาสตร์อีสาน จำนวน 3 ท่าน เป็นผู้ทดสอบการสืบค้น และทดสอบความพึงพอใจของระบบฐานด้วยการใช้งานฟังก์ชั่นต่าง ๆ ของระบบ และให้คะแนนตามแบบประเมิน สรุปผล แปรผล อภิปรายผลโดยใช้ค่าสถิติทางการวิจัย ด้วยการหาค่าเฉลี่ยความพึงพอใจ ค่าทางสถิติที่ใช้คือ สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) ซึ่งเป็นสถิติที่ใช้ในการสรุปบรรยาย ได้แก่ ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) โดยหาค่าเฉลี่ยของคะแนนในแบบประเมินโดยรวมและแยกเป็นรายด้าน แปลผลจากระดับของค่าเฉลี่ยความพึงพอใจ การวัดประเมินเป็นการประยุกต์จากวิธีการประเมินแบบรวมค่า (Method of Summated Rating) หรือมาตรวัดทัศนคติของลิเคอร์ท (Likert, 1932) และแปลผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณหาค่าเฉลี่ย สรุปผลความพึงพอใจต่อการใช้งานของการพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประวัติศาสตร์ของการตั้งเมืองในภาคอีสานต้นแบบ

3.8 ช่วงเวลาการพัฒนาและทดสอบระบบ การดำเนินการพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประวัติศาสตร์ของการตั้งเมืองในภาคอีสานต้นแบบ ทำควบคู่ไปด้วยกันกับการพัฒนาเมทาดาตา พร้อมกันนี้มีการประเมินระบบหลังจากการพัฒนาระบบต้นแบบแล้วเสร็จ ระยะเวลาในการดำเนินการเริ่มตั้งแต่วันที่ 16 มิถุนายน - 15 กรกฎาคม 2557



รูปที่ 5 กรอบแนวคิดในการวิจัย

4. ผลการวิจัย

ในการวิจัยเรื่องการพัฒนาเมทาดาตาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์งานทางด้านประวัติศาสตร์ ครั้งนี้ ได้นำเสนอผลการวิจัยชุดข้อมูลที่ได้ดังนี้

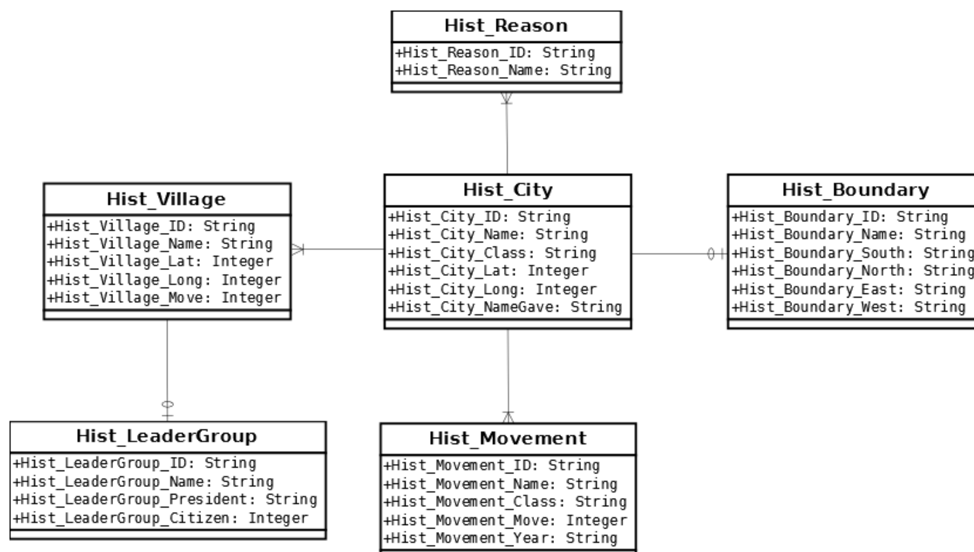
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเนื้อหาจากเอกสารโดยใช้เอกสารหลักฐานชั้นที่สอง (Secondary Sources) เป็นหลัก ได้แก่ หนังสือ วารสาร วิทยานิพนธ์ งานวิจัย และข้อมูลจากสื่ออิเล็กทรอนิกส์ เช่น เว็บไซต์สารานุกรม ประจำจังหวัดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับประวัติศาสตร์การอพยพเคลื่อนย้ายการตั้งเมืองในภาคอีสาน เป็นต้น ผลจากการศึกษาค้นคว้า วิเคราะห์ แล้วทำการสังเคราะห์สามารถเรียบเรียงได้ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลรายละเอียดการเคลื่อนย้ายอพยพ ตั้งเมืองครั้งแรก (ประยุกต์จาก สุวิทย์ ธีรศาสวัต, 2547)

กลุ่มผู้นำ/เมือง	ที่ตั้งครั้งแรก		สถานภาพปัจจุบัน
	พ.ศ.	บ้าน	
1.กลุ่มจารย์แก้ว 1.1 เมืองสุวรรณภูมิ (เมืองท่ง)	2268	บ้านท่ง	อ.สุวรรณภูมิ จ.ร้อยเอ็ด
1.2 เมืองร้อยเอ็ด	2318	บ้านกุ่ม	อ.เมือง จ.ร้อยเอ็ด
1.3 เมืองหนองหาน	2330	บ้านหนองหารน้อย	อ.หนองหาน จ.อุดรธานี
1.4 เมืองชลบท	2335	บ้านโนนกะยอม (บ้านเมืองเพีย)	อ.ชนบท จ.ขอนแก่น
1.5 เมืองขอนแก่น	2340	บ้านบึงบอน	อ.เมือง จ.ขอนแก่น
1.6 เมืองพุทไธสง	2342	บ้านหมากเฟือง บ้านหนองหัวแรด	อ.พุทไธสง จ.บุรีรัมย์
2. กลุ่มพระวอพระตา 2.1 เมืองนครเขื่อนขันธ์กาบแก้วบัวบาน	2310	บ้านหนองบัวลุ่มภู	อ.เมือง จ.หนองบัวลำภู
2.2 เมืองอุบลราชธานี	2335	บ้านห้วยแจะระแม	อ.เมือง จ.อุบลราชธานี
2.3 เมืองยศสุนทร	2357	บ้านสิงห์ท่า	อ.เมือง จ.ยโสธร
2.4 เมืองเขมราฐธานี	2357	บ้านโคกโก่งดงพะเนียง	อ.เขมราฐ จ.อุบลราชธานี
3. กลุ่มกูย 3.1 เมืองขุขันธ์	2302	บ้านประสาทสี่เหลี่ยมดงลำดวน	อ.ขุขันธ์ จ.ศรีสะเกษ
3.2 เมืองสังขะ	2302	บ้านอัจจปึงหรือบ้านโคกอัดจะหรือบ้านดงยาง	อ.สังขะ จ.สุรินทร์
3.3 เมืองสุรินทร์	2302	บ้านคูปะทายสมัน	อ.เมือง จ.สุรินทร์
3.4 เมืองรัตนบุรี	2302	บ้านเมืองเตาหรือบ้านกุดหวาย	อ.รัตนบุรี จ.สุรินทร์
3.5 เมืองศรีสระเกษ	2325	บ้านโนนสามขาสระกำแพง	อ.เมือง จ.ศรีสะเกษ
3.6 เมืองบุรีรัมย์	2321	เมืองแปะ	อ.เมือง จ.บุรีรัมย์

กลุ่มผู้นำ/เมือง	ที่ตั้งครั้งแรก		สถานภาพปัจจุบัน
	พ.ศ.	บ้าน	
4. กลุ่มเจ้าผ้าขาว-เจ้าโสมพะมิต 4.1 เมืองกาฬสินธุ์	2336	บ้านแก่งสำโรง	อ.เมือง จ.กาฬสินธุ์
4.2 เมืองสกลทวาปี	2329	บ้านธาตุเชิงชุม	อ.เมือง จ.สกลนคร
5. กลุ่มอื่น ๆ 5.1 เมืองชัยภูมิ	2365	บ้านหนองน้ำขุ่น หนองอีจาน	อ.เมือง จ.ชัยภูมิ
5.2 เมืองมุกดาหาร	2313	บ้านปากห้วยมุก	อ.เมือง จ.มุกดาหาร
5.3 เมืองนครพนม	2309	เมืองนคร	อ.เมือง จ.นครพนม

ผลการวิจัยขั้นที่สองได้เค้าร่างเมทาดาตา คือเค้าร่างเมทาดาตาประวัติศาสตร์ของการตั้งเมืองในภาคอีสาน



รูปที่ 6 ผังเค้าร่างการนำไปประยุกต์ ของชุดข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลประวัติศาสตร์การตั้งเมืองในภาคอีสาน

เมืองที่เกิดขึ้นตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยาและกรุงธนบุรีต่อเนื่องมายังสมัยกรุงรัตนโกสินทร์ของราชอาณาจักรสยาม จนถึงปี พ.ศ.2428 ที่พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวทรงโปรดฯ ให้งดการตั้งเมืองในหัวเมืองอีสานนั้น มีเมืองที่เกิดขึ้นทั้งหมด 129 เมือง และเมืองที่ไม่ปรากฏหลักฐานว่าสร้างขึ้นในปีพุทธศักราชหรือรัชกาลใดอีก 21 เมือง แบ่งเป็นสมัยกรุงศรีอยุธยาและกรุงธนบุรี 16 เมือง สมัยรัตนโกสินทร์ ในรัชกาลที่ 1 จำนวน 17 เมือง รัชกาลที่ 2 จำนวน 6 เมือง รัชกาลที่ 3 จำนวน 37 เมือง รัชกาลที่ 4 จำนวน 23 เมือง และรัชกาลที่ 5 จำนวน 30 เมือง (นงลักษณ์ ลิ้มศิริ, 2524) ในการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกเมืองหลักที่มีความสำคัญ 21 เมือง ตามตารางที่ 1 ซึ่งเป็นต้นสายของการแผ่ขยายไปตั้งเมืองต่าง ๆ ในกาลต่อมาทั่วภาคตะวันออกเฉียงเหนือหรือภาคอีสานในปัจจุบัน และเป็นตัวแทนของประเภท สถานภาพ รูปแบบการปกครองส่วนภูมิภาคในปัจจุบัน คือ จังหวัด อำเภอ ตำบล หมู่บ้าน เพื่อสะดวกต่อการทำความเข้าใจ เป็นกรณีศึกษาต้นแบบเพื่อใช้ทดสอบและประเมินระบบ

ดังนั้นจึงสรุปผลการวิจัยที่ได้ในขั้นที่หนึ่งได้องค์ความรู้เกี่ยวกับ

1.การเคลื่อนย้ายอพยพมาสู่การตั้งเมืองในภาคอีสานของประเทศไทย

2.พิกัดภูมิศาสตร์ที่ตั้งเมืองในจุดแรกเริ่ม

3.ชื่อบ้านนามเมืองดั้งเดิม

4.ปีพุทธศักราชของการก่อตั้งเมือง

5.กลุ่มผู้นำ

6.สาเหตุ แรงจูงใจ

7.จำนวนผู้คนในการตั้งเมือง และ

8. เมืองสาขาที่แยกออกจากเมืองหลักกลุ่มแรก

ผลการวิจัยในขั้นสุดท้าย ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของประวัติศาสตร์การตั้งเมืองในภาคอีสาน

1. วิธีการพัฒนาระบบ

การพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประวัติศาสตร์ของการตั้งเมืองในภาคอีสาน ครั้งนี้ได้ประยุกต์เทคโนโลยีเว็บเซอร์วิสเชิงความหมาย การแสดงผลตามช่วงเวลา กับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยเลือกใช้เครื่องมือ Semantic Interoperability of Metadata and Information in unLike Environments: SIMILE Widgets Exhibit สำหรับการพัฒนาเพื่อการสืบค้นเชิงความหมาย ร่วมกับไลบรารี Application Programming Interface (API) ของ Google Maps โดยมีขั้นตอนและวิธีการดังต่อไปนี้

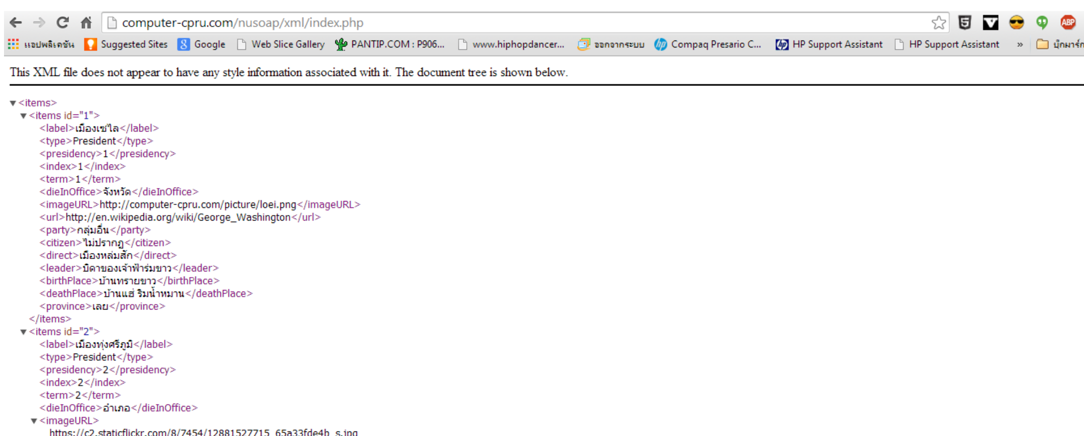
ขั้นตอนที่ 1 ทำการออกแบบและสร้างฐานข้อมูล (Database) ในโปรแกรมด้านการจัดการฐานข้อมูลรหัสเปิด โดยเฉพาะคือ MySQL เพื่อจัดเก็บข้อมูลประวัติศาสตร์ของการตั้งเมืองในภาคอีสาน ที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมและทำการสกัด คัดแยก จัดเก็บ โดยบันทึกลงในฐานข้อมูลที่ได้ทำการออกแบบและสร้างไว้ตามเค้าร่างเมทาดาตา วิธีและขั้นตอนในการได้มาซึ่งข้อมูลและการจัดทำเป็นระบบฐานข้อมูล

ขั้นตอนที่ 2 ทำการเพิ่มข้อมูลที่สกัดได้จากแหล่งทรัพยากรต่าง ๆ ลงไปในระบบฐานข้อมูล โดยในขั้นตอนนี้มีการจัดระบบข้อมูลที่ได้ตามเค้าร่างเมทาดาตาที่ได้มีการสร้างไว้ แล้วทำการบันทึกข้อมูลตัวอย่างของข้อมูลทั้งหมดซึ่งเป็นตัวแทนของแต่ละชุดข้อมูลในภาพองค์รวมของสารสนเทศทางด้านประวัติศาสตร์การตั้งเมืองในภาคอีสาน

ขั้นตอนที่ 3 หลังจากทำการเพิ่มและบันทึกเพื่อจัดเก็บข้อมูลชุดประวัติศาสตร์การตั้งเมืองในภาคอีสานลงไปในฐานข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปทำการแปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบฐานข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบโครงสร้าง Extensible Markup Language หรือ XML โดยการเขียนสคริปต์ภาษา JavaScript ร่วมกับ PHP เพื่อส่งออกข้อมูลที่อยู่ในฐานข้อมูล MySQL ที่ได้ทำการบันทึกลงไปในขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 4 เข้าสู่ระบบจัดการข้อมูลเพื่อทำการส่งออกข้อมูลในฐานข้อมูล MySQL เพื่อให้อยู่ในรูปแบบ XML

จากคำสั่งเพื่อทำการรัน Script ให้แปลงข้อมูลจากฐานข้อมูลเป็น XML ผลการประมวลผลจะได้ไฟล์ XML ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 รูปแบบโครงสร้างไฟล์ XML ที่ได้

ขั้นตอนที่ 5 หลังจากทำการแปลงข้อมูลจากฐานข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบ XML เรียบร้อยแล้วขั้นตอนต่อไปคือต้องทำการแปลงข้อมูลจากโครงสร้าง XML ให้อยู่ในรูปแบบ JavaScript Object Notation (JSON) ในขั้นตอนนี้ใช้เครื่องมือสำหรับแปลงจากรูปแบบโครงสร้าง XML เป็น JSON

ขั้นตอนที่ 6 นำโครงสร้างไฟล์ที่ได้จากรูปแบบ JSON ไปใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลตามวิธีการทางเว็บเซอร์วิสเชิงความหมาย ดังรูปที่ 8


```
{
    "items": [
        {
            "label": "เมืองเชไล".
            "type": "President",
            "presidency": "1",
            "index": "1",
            "term": "1",
            "status": "จังหวัด".
            "imageURL": "http://computer-cpru.com/picture/loei.png",
            "url": "http://en.wikipedia.org/wiki/George_Washington",
            "group": "กลุ่มอื่น ๆ".
            "citizen": "ไม่ปรากฏ".
            "direct": "เมืองหล่มศักดิ์".
            "leader": "บิดาของเจ้าฟ้าร่มขาว".
            "firstPlace": "บ้านทรายขาว".
            "lastPlace": "บ้านแฮ่".
            "province": "เลย".
            "_id": "1"
        },
        {
            "label": "เมืองท่งศรีภูมิ".
            "type": "President",
            "presidency": "2",
            "index": "2",
            "term": "2",
            "status": "อำเภอ".
            "imageURL": "https://c2.staticflickr.com/8/7454/12881527715_65a33fde4b_s.jpg",
            "url": "http://en.wikipedia.org/wiki/John_Adams",
            "group": "กลุ่มจารย์แก้ว".
            "citizen": "3000",
            "direct": "นครจำปาศักดิ์".
            "leader": "เจ้าแก้วมงคล".
            "firstPlace": "บ้านท่ง".
```


รูปที่ 8 แสดงตัวอย่างบางส่วนของข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบโครงสร้างไฟล์ JSON

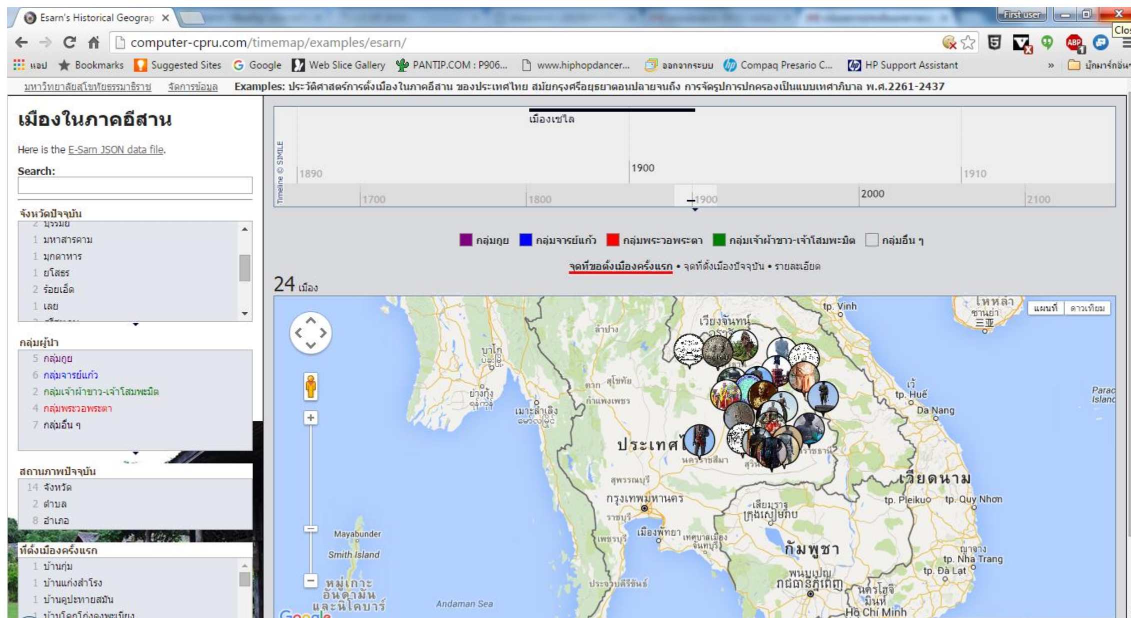
ขั้นตอนที่ 7 หลังจากทำการกำหนดการตั้งค่าระบบสืบค้นข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้ว ทำการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อให้ระบบสามารถแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบแผนที่โดยกำหนดค่าของระบบสืบค้นกับไลบรารี Application Programming Interface: API ของ Google Maps ดังนี้

วิธีในการเข้าถึงแผนที่และชั้นข้อมูลของ Google Maps Engine ผ่านไลบรารี API คือการเรียกใช้ไลบรารีการสร้างภาพแผนที่ API ของ Google Maps โดยใช้ภาษา JavaScript เพื่อติดต่อกับ API ที่มีไลบรารีในการสร้างภาพแผนที่ (มีคลาส MapsEngine Layer) ซึ่งช่วยให้ระบบสามารถแสดงผลลัพธ์เป็นแผนที่และชั้นข้อมูลของ Maps Engine ทำการกำหนดค่าเพื่อให้ระบบใช้ API ของ Google Maps โดยทำการตรวจสอบสิทธิ์ OAuth 3.0 เพื่อตรวจสอบสิทธิ์การเข้าถึงแผนที่ที่เผยแพร่แบบเฉพาะเว็บไซต์ที่อยู่ในรายการเข้าถึง Maps Engine ที่เกี่ยวข้อง ในไลบรารีการแสดงข้อมูลให้เป็นแผนที่ภาพ API ของ Google Maps ชั้นข้อมูลแผนที่ของ Maps Engine ช่วยให้สามารถแสดงผลลัพธ์ชั้นข้อมูลต่าง ๆ ของแผนที่ Maps Engine ในระบบแผนที่ที่เผยแพร่ได้ จากนั้นเขียนคำสั่งด้วยคลาส MapsEngine Layer เพื่อให้สามารถแสดงชั้นข้อมูลของ Google Maps Engine บนแผนที่ของ Google Maps ออนไลน์ โดยวิธีระบุชั้นข้อมูลตาม mapId และ layerKey ใน Google Maps Engine จะสามารถแสดงหน้ารายละเอียดแผนที่จุดพิกัดบนพื้นโลกที่มีชั้นข้อมูลที่มีการกำหนดจุดพิกัดที่ตั้งด้วยรหัสบนพื้นโลก (Geocode) โดยแทนค่าเป็นตัวเลขพิกัดทางภูมิศาสตร์ ละติจูด (Latitude) และลองจิจูด (Longitude)

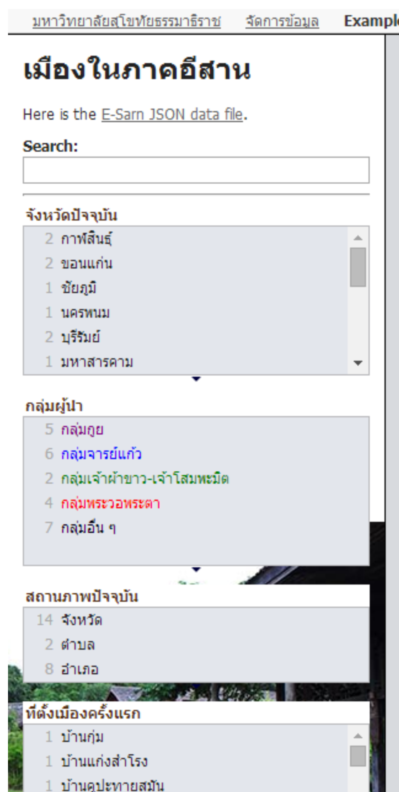
2. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประวัติศาสตร์ของการตั้งเมืองในภาคอีสาน

ผลลัพธ์จากการนำข้อมูลในฐานข้อมูลแปลงให้อยู่ในรูปแบบโครงสร้างไฟล์ XML และจัดการแปลงต่อให้อยู่ในรูปแบบโครงสร้างของ JSON มาพัฒนาต่อโดยใช้เครื่องมือ Semantic Interoperability of Metadata and Information in unLike Environments: SIMILE Widgets Exhibit ร่วมกันกับ เทคโนโลยีการแสดงผลตามช่วงเวลา สำหรับการพัฒนาเพื่อการสืบค้นเชิงความหมาย และประยุกต์ร่วมกับไลบรารี Application Programming Interface (API) ของ Google Maps

เพื่อสร้างระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประวัติศาสตร์ของการตั้งเมืองในภาคอีสาน ได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้ (http://computer-cpru.com/timemap/examples/esarn/)



รูปที่ 9 แสดงหน้าจอแรกของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประวัติศาสตร์ของการตั้งเมืองในภาคอีสาน



รูปที่ 10 แสดงส่วนเงื่อนไขสำหรับการค้นหาเชิงความหมายของระบบ

ความสามารถในการสืบค้นของระบบตามรูปที่ 10

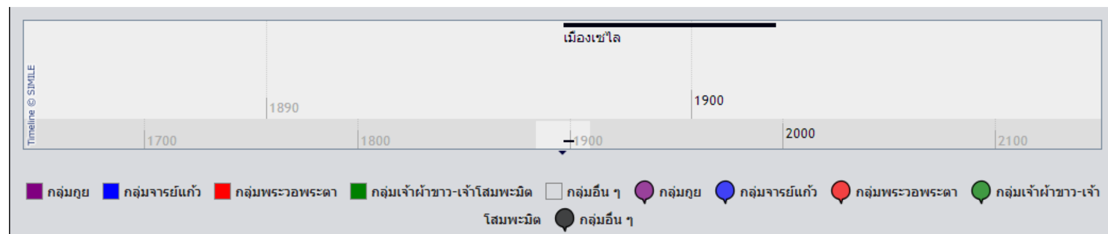
1.สามารถสืบค้นด้วยคำสำคัญ (keyword) ซึ่งระบบจะแสดงผลจากคำที่ทำการสืบค้นเชิงความหมายในรูปแบบชุดข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กับคำที่ต้องการสืบค้นไปยังหน้าจอแผนที่และตารางข้อมูล

2.การสืบค้นจากทางเลือก (options) โดยการคลิกเลือกที่หัวข้อหรือกล่องสี่เหลี่ยม (checkbox) ที่ต้องการทราบเชิงความหมาย ระบบจะแสดงผลในลักษณะของชุดข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันกับตัวเลือกที่ต้องการทราบเท่านั้น

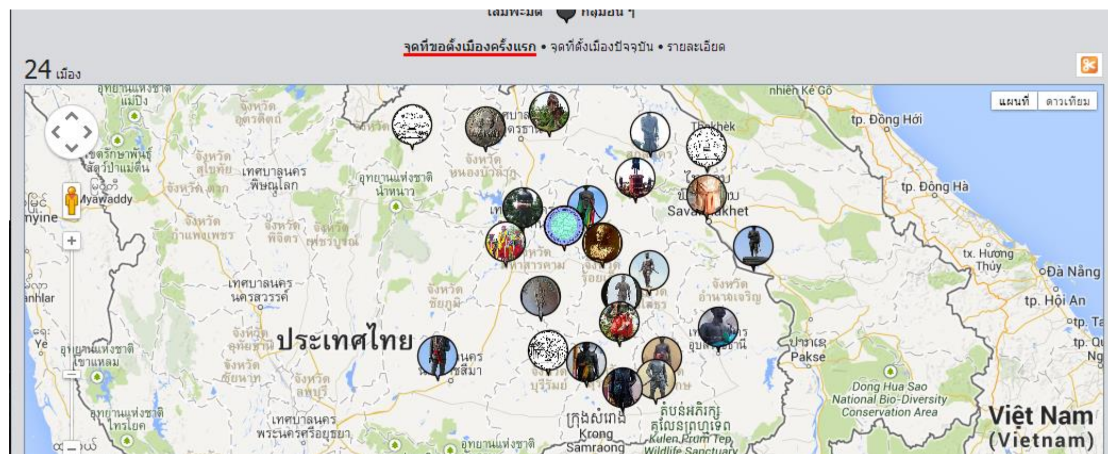
3.การคลิกที่จุดพิกัด ที่ไอคอนที่ตั้งเมือง จะแสดงผลรายละเอียดชุดข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับเมืองนั้น ๆ และจะทำการแสดงผลเชื่อมโยงกับไทม์ไลน์ของการตั้งเมืองนั้น ๆ

4.การคลิกที่ไอคอนไทม์ไลน์ของแผนที่ที่แสดงช่วงระยะเวลาจะแสดงผลรายละเอียดชุดข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับเมืองนั้น ๆ เชื่อมโยงกับแผนที่ภูมิศาสตร์ในหน้าจอแสดงผลเชิงแผนที่

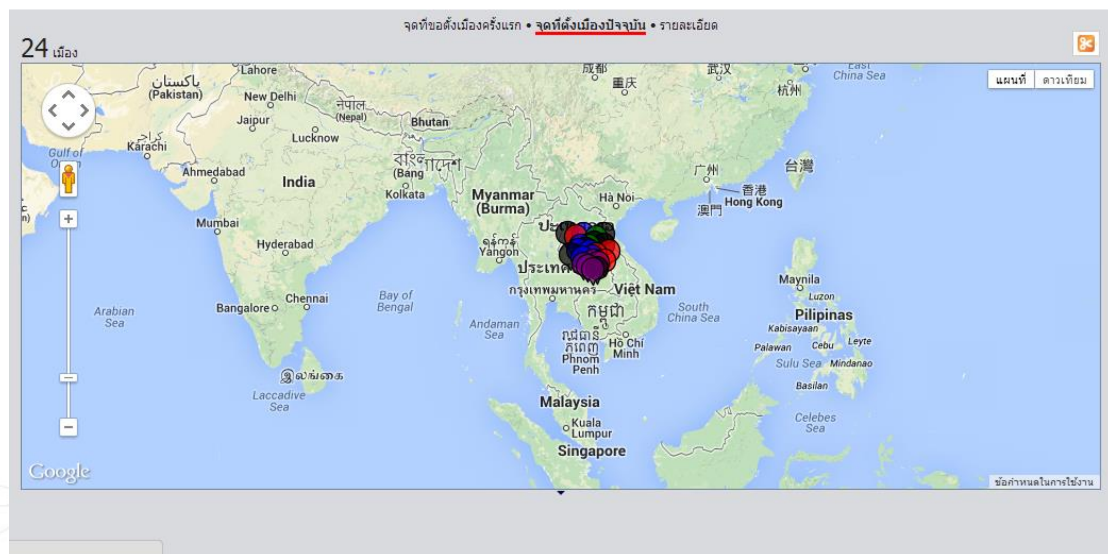
5.ตัวเลือกในการสืบค้นประกอบไปด้วย จังหวัดปัจจุบัน กลุ่มผู้นำ สถานภาพปัจจุบัน และที่ตั้งเมืองครั้งแรก



รูปที่ 11 แสดงส่วนแสดงผลลัพธ์ช่วงเวลาตามการก่อตั้งเมืองเป็นปีพุทธศักราช



รูปที่ 12 แสดงส่วนแสดงผลลัพธ์เชิงความหมายของจุดพิกัดที่ตั้งเมืองครั้งแรก



รูปที่ 13 แสดงส่วนแสดงผลลัพธ์เชิงความหมายของจุดที่ตั้งเมืองในปัจจุบัน

จุดที่ขอตั้งเมืองครั้งแรก • จุดที่ตั้งเมืองปัจจุบัน • รายละเอียด

24 เมือง

ลำดับ	ชื่อเมือง	กลุ่มผู้นำ	เจ้าเมือง	ปีที่ขอตั้งเมือง	ปีที่ได้รับอนุญาต	จำนวนวัน	จำนวนไพร่พล	ก่อตั้งมาแล้ว(ปี)
24	เมืองภูแล่นช้าง	กลุ่มอื่น ๆ	หมื่นเดชอุดมหรือท้าวเดช เป็น พระพิไชยอุดมเดช	Fri, Jan 1, 2388	Fri, Jan 1, 2393	1827	314	170
23	เมืองท่าขอนยาง	กลุ่มอื่น ๆ	พระคำก้อน เป็น พระสุวรรณภักดี	Fri, Jan 1, 2388	Fri, Jan 1, 2393	1827	407	170
22	เมืองชัยภูมิ	กลุ่มอื่น ๆ	ท้าวแล เป็น ขุนภักดีชุมพล	Fri, Jan 1, 2365	Sat, Jan 1, 2372	2556	700	193

รูปที่ 14 แสดงส่วนแสดงผลลัพธ์เชิงความหมายของส่วนที่เป็นรายละเอียดรูปแบบตาราง

6. ข้อเสนอแนะ

บทความวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวทางการจัดโครงสร้างข้อมูลและอธิบายข้อมูลประวัติศาสตร์การตั้งเมืองในภาคอีสานกับระบบภูมิศาสตร์ด้วยเมทาดาตา และนำเสนอโครงสร้างข้อมูลที่ได้ด้วยเทคโนโลยีเว็บเซอร์วิสเชิงความหมาย ระบบภูมิศาสตร์ ซึ่งเป็นประโยชน์ด้านการพัฒนาเมทาดาตางานทางด้านประวัติศาสตร์การตั้งเมืองในภูมิภาคต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กันกับภูมิศาสตร์และกาลเวลาในอดีต เป็นจุดเริ่มต้นในการสร้างมาตรฐานชุดข้อมูลทางด้านประวัติศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลทางด้านสถานที่ ที่ตั้ง พิกัดของการตั้งถิ่นฐานและการเคลื่อนย้ายเมืองด้วยเหตุผลที่แตกต่างกัน เพื่อให้การศึกษาและการสืบค้นมีประสิทธิภาพสอดคล้องกันกับความต้องการที่เพิ่มมากขึ้นของเว็บเซอร์วิสเชิงความหมาย อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้มีรายละเอียดที่ควรได้รับการพัฒนาต่อไปให้ดีและสมบูรณ์ยิ่งขึ้นดังนี้

1. ควรนำผลการวิจัยที่ได้เผยแพร่เพื่อประโยชน์ในการศึกษาต่อยอด และนำไปประยุกต์ใช้ในวงวิชาการทางด้านวิชาประวัติศาสตร์โดยการสอดแทรกและเสริมเข้าไปในบทเรียน การเรียนการสอน และการวิจัยแนวใหม่ที่สามารถบูรณาการระหว่างศาสตร์วิชาต่าง ๆ ได้ โดยร่วมกับสาขาวิชาทางด้านการจัดการสารสนเทศ และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โบราณคดี ชาติพันธุ์ และมานุษยวิทยา เป็นต้น

2. ควรทำการเก็บรวบรวมชุดข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลทางด้านประวัติศาสตร์อย่างถูกต้องและเที่ยงตรงจากหลากหลายแหล่งข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่โดยบูรณาการร่วมกันกับงานวิจัยที่อยู่ในขอบเขตความรู้เดียวกันหรือที่สัมพันธ์และใกล้เคียงกัน

3. ควรทำการศึกษาหรือวิจัยเพื่อต่อยอดจากเทคโนโลยีในแบบปัจจุบันไปสู่วิทยาการสมัยใหม่ในการบริหารจัดการข้อมูลและสารสนเทศ เช่น ออนโทโลยี (Ontology) เว็บเชิงความหมาย (Semantic web) หรือ Linked Open Data: LOD เพื่อให้การแลกเปลี่ยนและใช้ข้อมูลระหว่างกันมีความสมบูรณ์และอัตโนมัติมากยิ่งขึ้น เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

เกสิค, ลอเรน.(2530). **คำอธิบายพิเศษเรื่องการศึกษาประวัติศาสตร์ท้องถิ่น.** ภาคปลายปีการศึกษา 2530 ณ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ดารารัตน์ เมตตาริกานนท์.(2548). **"ประวัติศาสตร์ท้องถิ่น"**, ขอนแก่น : คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เติม วิภาคย์พจนกิจ. (2515).**ประวัติศาสตร์อีสาน**. กรุงเทพฯ : สมาคมสังคมศาสตร์แห่งประเทศไทย.

ธวัช ปุณโณทก.(2526). **พื้นเวียง : การศึกษาประวัติศาสตร์และวรรณกรรมอีสาน.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

นงลักษณ์ ลิ้มศิริ. (2524).**"ความสำคัญของกบฏหัวเมืองอีสาน พ.ศ.2435-2445."** วิทยานิพนธ์อักษรศาสตรมหาบัณฑิต สาขาประวัติศาสตร์เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2524.

นิธิ เอียวศรีวงศ์.(2527)**."ประวัติศาสตร์และการวิจัยทางประวัติศาสตร์."** ใน ปรัชญาประวัติศาสตร์ หน้า 216-236ชาญวิทย์ เกษตรศิริ และสุชาติ สวัสดิ์ศรี, บรรณาธิการ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). (2557).**ชุดข้อมูลภูมิศาสตร์พื้นฐาน (Fundamental Geographic Data Set: FGDS).**Retrieved May 10, 2014, from: http://thaisdi.gistda.or.th/

สืบแสง พรหมบุญ. (2519). **ประวัติศาสตร์และปรัชญาประวัติศาสตร์.** กรุงเทพฯ : สมาคมสังคมศาสตร์แห่งประเทศไทย.

สุวิทย์ ธีรศาสวัต.(2547). **"ระดับเมืองในภาคอีสานสมัยกรุงธนบุรีถึง รัชกาลที่ 2 (พ.ศ.2322-2367)."** ในท้องถิ่นลุ่มน้ำโขง สามัญชนคนชื่อชอบ หน้า 79-101 คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, รวบรวม. ขอนแก่น : คลังนานาวิทยา.

Belew, R. K. (2000). **Finding out about.** Cambridge University Press.

GeoMAPP.(2009). **Geospatial Multistate Archive and Preservation Partnership FGDC and Dublin Core Metadata Comparison.**, Retrieved June 11, 2014, from: http://www.geomapp.net/docs/MetadataComparison_200903.pdf

Google Developer.(2015). **Developer's Guide: JSON / JavaScript** ., Retrieved May 13, 2015, from: https://developers.google.com/youtube/2.0/developers_guide_json?hl=th

Haynes, D. (2004). **Metadata for information management and retrieval**. London: Facet.

Likert, R. (1932**). A Technique for the Measurement of Attitudes.** Archives of Psychology, 140, 1–55.

MIT Libraries and CSAIL.(2014). **Semantic Interoperability of Metadata and Information in unLike Environments**., Retrieved June 11, 2014, from: https://www.simile-widgets.org/exhibit/

NISO.(2015).**Understanding Metadata**., Retrieved May 13, 2015, from: www.niso.org/publications/press/UnderstandingMetadata.pdf

Voges, U., Senkler, K., (2007). **OpenGIS® Catalogue Services Specification 2.0.2 - ISO Metadata Application Profile.** OGC document number 07-045.

เว็บแอพพลิเคชั่นเพื่อบูรณาการข้อมูลการท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ต โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

Web application for GIS-based tourism data integration of Phuket province, Thailand

เอกชัย กกแก้ว[1,2]จุฑาพร เกษร[1,2] อดิศร รัชนิพนธ์[2] แสงดาว วงค์สาย[1,2]และนพชัย วงค์สาย[1,3]
Eakkachai Kokkaew[1,2]Jutaporn Keson[1,2] Adison Ratchaniphont[2]
Sangdao Wongsai[1,2]andNoppachai Wongsai[1,3]
กลุ่มวิเคราะห์ข้อมูลและวิจัยด้านการท่องเที่ยว พลังงานและสิ่งแวดล้อม[1]
ศูนย์วิจัยและนวัตกรรมสิ่งแวดล้อมอันดามัน[2]
คณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี[3]
โทรศัพท์ +66-676-276-479 โทรสาร +66-7627-6002 e-mail: jutaporn.k@phuket.psu.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการให้บริการข้อมูลด้านการท่องเที่ยวผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเผยแพร่แหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติและจากมนุษย์สร้างขึ้น สามารถช่วยให้นักท่องเที่ยวเข้าถึงแหล่งข้อมูลได้สะดวกและรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม ข้อมูลการท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ตยังไม่มีการจัดเก็บและแสดงผลอย่างเป็นระบบ ทั้งเชิงเนื้อหาและเชิงตำแหน่งที่ตั้ง ส่งผลให้นักท่องเที่ยวไม่สามารถรับรู้ถึงความเป็นมาหรืออัตลักษณ์และวิถีชีวิต ที่มีอยู่ในแหล่งท่องเที่ยวนั้นๆ ได้อย่างแท้จริง การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Web-based GIS) เพื่อจัดเก็บและแสดงผลเนื้อหาถ่ายทอดความรู้สึก ความประทับใจ และตำแหน่งที่ตั้งแหล่งท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ตแสดงผลในลักษณะแผนที่ภูมิศาสตร์บนเว็บแอพพลิเคชั่นผ่านระบบอินเทอร์เน็ตมุ่งเน้นให้นักท่องเที่ยวรับรู้เรื่องเล่าหรืออัตลักษณ์และวิถีชีวิตชุมชนในสถานที่ท่องเที่ยว และสะท้อนความรู้สึกความประทับใจของนักท่องเที่ยวที่มีต่อสถานที่นั้น เพื่อกระตุ้นให้เกิดการกลับมาเยือนและส่งเสริมภาพลักษณ์การท่องเที่ยวในจังหวัดภูเก็ตผู้ที่สนใจทั้งภาครัฐและเอกชนสามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปสู่การวางรากฐานที่สำคัญในการพัฒนาการท่องเที่ยวแบบบูรณาการอย่างยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ: การจัดการการท่องเที่ยว ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตฐานข้อมูลการท่องเที่ยว เว็บแอพพลิเคชั่นเพื่อการท่องเที่ยว

ABSTRACT

Currently, online tourist information is key factor for advertising both natural and manmade tourist attractions and that visitors can access information quickly. However, Phuket's tourism Information, including contents and locations, are not yet stored nor visualized systematically. As a result, tourists cannot access the correct information, may be confused and could not absorb and learn the history, lifestyle, identity, and culture in those visiting attractions.This study was to create the web-based GIS of tourist attractions in Phuket for storage and display contents convey feeling, impression and location of Phuket tourist attraction to display on geographical map with web application through the internet. Focus on travelers to recognize narrative or identities and community life attraction and reflect the feeling tourist's impression to that place. In order to encourage a returning visitor and

promoting tourism in Phuket.The research output is not only for those visitors who will get to know the identities of Thailand's attractions and be able to plan their own travelling routes, but also for those government or private sectors who are interested.

KEY WORDS: Tourism management, Web-based GIS, Tourism database, Web application for tourism

1. บทนำ

จังหวัดภูเก็ตเป็นเกาะที่ใหญ่ที่สุดของประเทศไทย เป็นศูนย์กลางการท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียงอันดับต้นๆ ของประเทศไทย และเป็นที่รู้จักในระดับโลก มีแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติที่สวยงาม เช่น ชายหาด ทะเล ภูเขา และอุทยานต่างๆ รวมทั้งกิจกรรมการท่องเที่ยวต่างๆ โดยเฉพาะกิจกรรมบันเทิง นันทนาการและกีฬาทางน้ำ และการเชื่อมโยงการท่องเที่ยวกับเกาะบริวารโดยรอบและเกาะในจังหวัดใกล้เคียง จากข้อมูลสถิติพบว่าจำนวนนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาท่องเที่ยวในจังหวัดภูเก็ต ในปี พ.ศ. 2557 มีจำนวน 11,312,037 คนสามารถสร้างรายได้สูงถึง 259,290.50 ล้านบาท ซึ่งถือเป็นรายได้หลักของจังหวัดภูเก็ต (สำนักงานสถิติจังหวัดภูเก็ต, 2558) จากศักยภาพด้านการท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ต ภาครัฐจึงได้กำหนดวิสัยทัศน์ “ภูเก็ตเมืองท่องเที่ยวนานาชาติ บนพื้นฐานการพัฒนาที่ยั่งยืน” เพื่อส่งเสริมด้านการท่องเที่ยวซึ่งมีกลยุทธ์ที่สำคัญ เช่น พัฒนาระบบช่วยเหลือนักท่องเที่ยวให้มีมาตรฐาน และส่งเสริมเทคโนโลยีเพื่อการท่องเที่ยว (สำนักงานสถิติจังหวัดภูเก็ต, 2558)

ปัจจุบันการใช้ภาพถ่ายสถานที่ท่องเที่ยวได้ถูกเผยแพร่ในโลกโซเชียลต่างๆ เพื่อใช้เป็นช่องทางในการประชาสัมพันธ์ เช่น กิจกรรม #ThailandStandupChallengeและการเผยแพร่ข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวผ่านทางเว็บไซต์ต่างๆ ของหน่วยงานภาครัฐ และภาคเอกชน ซึ่งเป็นการประชาสัมพันธ์ข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวโดยใช้ช่องทางอินเทอร์เน็ตในการแบ่งปันประสบการณ์ การสร้างแรงจูงใจ และกระตุ้นให้เกิดทัศนคติต่อสถานที่ท่องเที่ยวต่างๆ ทำให้เกิดภาพลักษณ์ในการให้ความรู้ความเข้าใจ และความรู้สึกต่อจุดหมายปลายทางแก่นักท่องเที่ยวให้ดียิ่งขึ้น (ศิริลักษณ์ และคณะ, 2557; Choi et al., 2007; Lee and O’ Leary, 2006; Xiang and Gretzel, 2009) อย่างไรก็ตาม จังหวัดภูเก็ตยังไม่มีการจัดเก็บและแสดงผลข้อมูลการท่องเที่ยวอย่างเป็นระบบ ทั้งเชิงเนื้อหาและเชิงตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ท่องเที่ยวต่างๆ ส่งผลให้นักท่องเที่ยวไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลและไม่ได้รับรู้ถึงความเป็นมาหรืออัตลักษณ์ และวิถีชีวิตชุมชนของแหล่งท่องเที่ยวได้อย่างแท้จริง

งานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Web-based GIS) เพื่อจัดเก็บและแสดงผลเนื้อหาและตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของแหล่งท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ต โดยการรวบรวมข้อมูลจากเว็บไซต์ของภาครัฐและเอกชน โซเชียลมีเดีย ร่วมกับการสัมภาษณ์เชิงลึก ฐานข้อมูลนี้สามารถใช้เป็นสื่อในการประชาสัมพันธ์แก่นักท่องเที่ยวเพื่อเผยแพร่ข้อมูลของแหล่งท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ต โดยการเน้นการถ่ายทอดความรู้สึกความประทับใจของนักท่องเที่ยวผ่านรูปภาพและข้อความ นอกจากนี้ยังเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจทั้งภาครัฐและเอกชนยังสามารถนำข้อมูลเชิงพื้นที่ไปใช้ในการวิเคราะห์ถึงอัตลักษณ์ของแหล่งท่องเที่ยว และวิถีชีวิตชุมชนของแหล่งท่องเที่ยวในการพัฒนาการท่องเที่ยวแบบบูรณาการอย่างยั่งยืนต่อไป

2. วัตถุประสงค์

สร้างฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Web-based GIS) เพื่อจัดเก็บและแสดงผลเนื้อหาและตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของแหล่งท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ต

3. วิธีการวิจัย

3.1การรวบรวมข้อมูล

3.1.1 ข้อมูลทุติภูมิ (Secondary Data) ได้แก่(1)ขอบเขตการปกครองของจังหวัดภูเก็ต ได้รับการอนุเคราะห์จากกรมการปกครองปี พ.ศ. 2554 (2)ตำแหน่งพิกัดสถานที่ท่องเที่ยวจากกรมการท่องเที่ยว ปี พ.ศ. 2554และ(3)ชื่อสถานที่

ท่องเที่ยวจังหวัด ภาพคำบรรยายความรู้สึกความประทับใจ ชื่อเจ้าของภาพ และแหล่งข้อมูลจากโซเชียลต่างๆ ได้แก่ เว็บไซต์ เฟสบุ๊คและกิจกรรม #ThailandStandUpChallengนำข้อมูลเหล่านี้มากลั่นกรองและจัดทำการปรับขนาดรูปภาพ(Resize) และเครดิตภาพก่อนเผยแพร่ความรู้สู่สาธารณะ

3.1.2 ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data)พื้นที่หาดในหานเพื่อเป็นต้นแบบในการนำเสนอเรื่องเล่าของสถานที่ท่องเที่ยว การสรุปผลของเรื่องเล่า ยึดแนวคิดการคิดวิเคราะห์การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive reasoning) ซึ่งเป็นกระบวนการใช้เหตุผล โดยสรุปจากการสัมภาษณ์คนในพื้นที่ได้พูดถึงเหตุการณ์หรือสิ่งที่เกิดขึ้นในพื้นที่หาดในหานซ้ำๆ กันอย่างเฉพาะเจาะจงหลายๆ กรณี (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2546)โดยการสัมภาษณ์เชิงลึกปราชญ์ชาวบ้าน ผู้นำชุมชน และประชาชนในพื้นที่ เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และวิถีชีวิตความเป็นอยู่ โดยการบูรณาการศาสตร์ทางด้านการรับรู้ระยะไกลร่วมกับศาสตร์ด้านสังคม โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมจาก Google Earth ย้อนหลังหลายๆ ปี เพื่อให้ได้มาซึ่งเรื่องความเป็นมาของสถานที่

3.1.3ข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute Data) ประกอบด้วย ชื่อสถานที่ท่องเที่ยวจังหวัด ภาพคำบรรยายความรู้สึกความประทับใจ ชื่อเจ้าของภาพ แหล่งข้อมูลตำแหน่งสถานที่ท่องเที่ยว และเรื่องเล่าหรืออัตลักษณ์และวิถีชีวิตชุมชนของแหล่งท่องเที่ยวจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาเชื่อมโยงตาราง (Joins) เพื่อเพิ่มรายละเอียดของเขตข้อมูลชุดใหม่ โดยใช้เขตข้อมูลร่วม (Common filed) ที่มีค่าเหมือนกันเป็นตัวเชื่อมโยง งานวิจัยนี้ใช้ชื่อสถานที่และจังหวัดเป็นตัวเชื่อมข้อมูลเข้าด้วยกัน

3.2การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางในการพัฒนาระบบเพื่อสามารถประมวลผลและให้สารสนเทศในรูปแบบของฐานข้อมูล โดยผู้พัฒนาได้ใช้ภาษา HTML, CSS, jQuery และ JavaScript ร่วมกับแผนที่ Maps API จาก Google ในการพัฒนาระบบ โดยผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นประเภทแอพพลิเคชั่นซึ่งการพัฒนาแอพพลิเคชั่นนี้จะใช้ความสามารถของโครงสร้างภาษา JavaScript ในการพัฒนาระบบ และเชื่อมต่อข้อมูลแผนที่ภูมิศาสตร์

3.3 การออกแบบและจัดทำเว็บไซต์

การพัฒนาแอพพลิเคชั่นด้วย Web Map Services เพื่อบูรณาการข้อมูลการท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ต โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ซึ่งได้ออกแบบสถาปัตยกรรมระบบเว็บแอพพลิเคชั่น โดยแบ่งการทำงานออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ และส่วนของการประมวลผล ดังนี้

ในส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (Graphic User Interface) โดยเว็บไซต์จะประกอบด้วย 3 เมนูคือ หน้าแรก เกี่ยวกับ และต้นแบบ “เมนูหน้าแรก”จะเน้นการนำเสนอข้อมูลตำแหน่งสถานที่ท่องเที่ยวแสดงสัญลักษณ์อ้างอิงพิกัดผ่านGoogle Maps API เมื่อคลิกเลือกสัญลักษณ์ (Icon) จะแสดงชื่อและภาพของสถานที่ท่องเที่ยวและสามารถคลิกปุ่มเพิ่มเติมเพื่อแสดงรายละเอียดข้อมูลของนักท่องเที่ยวที่มาเยือนสถานที่นั้น“เมนูเกี่ยวกับ”แสดงรายเอียดเกี่ยวกับโครงการงานวิจัยและ “เมนูต้นแบบ” แสดงรูปภาพพร้อมความรู้สึกของผู้มาเยือนในรูปแบบอนิเมชั่น โดยใช้ jQueryในการทำภาพเคลื่อนไหวของแหล่งท่องเที่ยว

ส่วนของการประมวลผลเป็นการให้บริการแผนที่ (Web Map Services: WMS) มีหน้าที่สนับสนุนในการร้องขอข้อมูลจากผู้ใช้บริการ (Client) ซึ่งการส่งจะเป็นในรูปแบบ HTTP GET ขณะที่ตัวเซิร์ฟเวอร์ยังสามารถเลือกสนับสนุนการร้องขอข้อมูลที่แสดงเป็น HTTP POST เมื่อมีการร้องขอดูข้อมูลตัวเซิร์ฟเวอร์จะทำตามคำร้องขอเพื่อแสดง HTTP GET ส่วน Map Server เป็นการรับคำร้องจากผู้ใช้และจัดส่งข้อมูลยังผู้ใช้ผ่าน Google Maps JavaScript API ในการแสดงข้อมูล โดยใช้ GeoServerเป็นตัวแม่ข่ายซึ่งจะทำหน้าที่ในการนำข้อมูลในรูปของ Shape file จัดเก็บไว้ใน Data Stores ผ่านส่วนติดต่อผู้ใช้หน้าเว็บ (Web-based user interface) ของระบบ

ส่วนของการแสดงผล ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นประเภทแอพพลิเคชั่นซึ่งการพัฒนาแอพพลิเคชั่นนี้จะใช้ความสามารถของโครงสร้างภาษา JavaScript ในการพัฒนาระบบ และเชื่อมต่อข้อมูลแผนที่ภูมิศาสตร์ และการปักหมุดสถานที่ท่องเที่ยวโดยการสร้างสัญลักษณ์อ้างอิงพิกัดจากค่าละติจูด (Latitude) และลองจิจูด (Longitude) บนแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียมบน Google Maps API แสดงป๊อบอัพแสดงรูปภาพสถานที่ท่องเที่ยวของผู้มาเยือน การแสดงผลส่วนนี้จะเชื่อมโยงกับหน้าแสดงรายละเอียดของสถานที่ภาพความประทับใจ เรื่องเล่าของสถานที่ท่องเที่ยว การแสดงผลของของหน้าเว็บอยู่ในรูปแบบเว็บ Responsive

Web Design โดยเว็บไซต์สามารถตรวจจับขนาดของหน้าจอ ปรับขนาด และLayout ให้เหมาะสมตามขนาดของหน้าจอโดยอัตโนมัติ

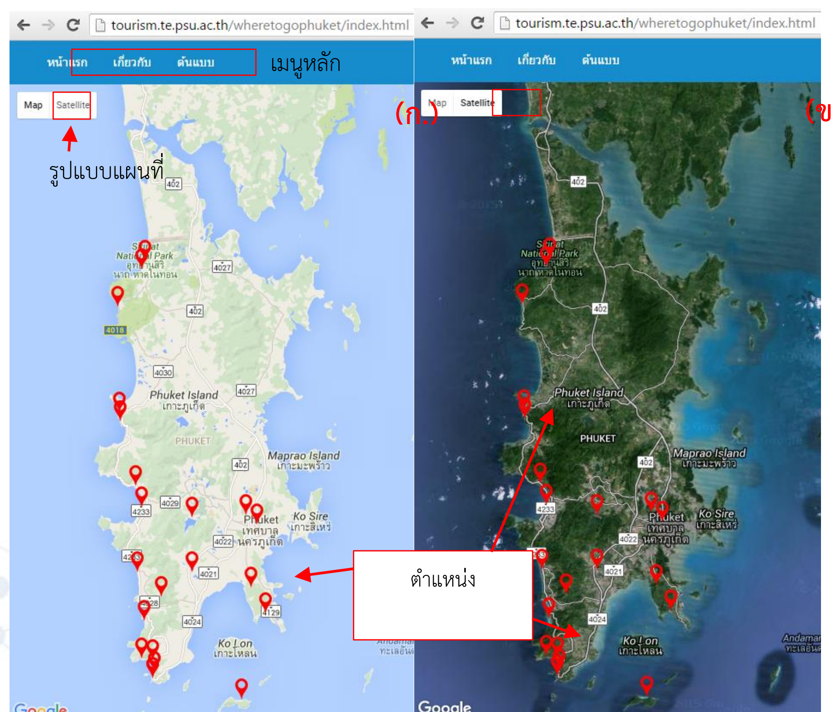
4. ผลการวิจัย

4.1 ภาพรวมของเว็บไซต์

เว็บไซต์นี้สามารถให้บริการแก่นักท่องเที่ยวและผู้ที่สนใจ ในรูปแบบของภาพ ข้อความ พร้อมทั้งตำแหน่งที่ตั้งแหล่งท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ต ภายใต้ชื่อเว็บไซต์www.tourism.te.psu.ac.th/wheretogophuketโครงสร้างของเว็บไซต์ประกอบด้วย 3 เมนูหลักคือ หน้าแรก เกี่ยวกับ และต้นแบบมีการติดต่อกับผู้ใช้แบบกราฟฟิคประกอบด้วยแผนที่ขนาดใหญ่แสดงเป็นแผนที่ภูมิประเทศ (รูปที่1 ก.)หรือภาพถ่ายดาวเทียม(รูปที่ 1 ข.)ซึ่งเป็นชั้นข้อมูลสามารถเลือกเปิดหรือปิดการใช้งานได้ตามความต้องการขอบเขตการปกครองของจังหวัดภูเก็ต ตำแหน่งสถานที่ท่องเที่ยวจะมีสัญลักษณ์ปรากฏบนแผนที่ภูมิศาสตร์ข้อมูลเหล่านี้แสดงไว้ภายใต้เมนูหน้าแรก

ข้อมูลเกี่ยวกับที่มาและความสำคัญของการจัดทำโครงการวิจัยนี้ได้เขียนอธิบายไว้ภายใต้ เมนูเกี่ยวกับของเว็บแอพพลิเคชั่น ด้านบน เพื่อที่จะชี้แจงให้ผู้ใช้งานทราบถึงขอบเขตและวัตถุประสงค์ในการจัดทำเว็บแอพพลิเคชั่น(รูปที่ 2)

ต้นแบบ แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับเรื่องเล่าหรืออัตลักษณ์และวิถีชีวิตชุมชนของแหล่งท่องเที่ยวนั้นๆ โดยการศึกษาครั้งนี้เลือกพื้นที่หาดในหานเป็นพื้นที่ต้นแบบในการค้นหาเรื่องเล่าหรืออัตลักษณ์



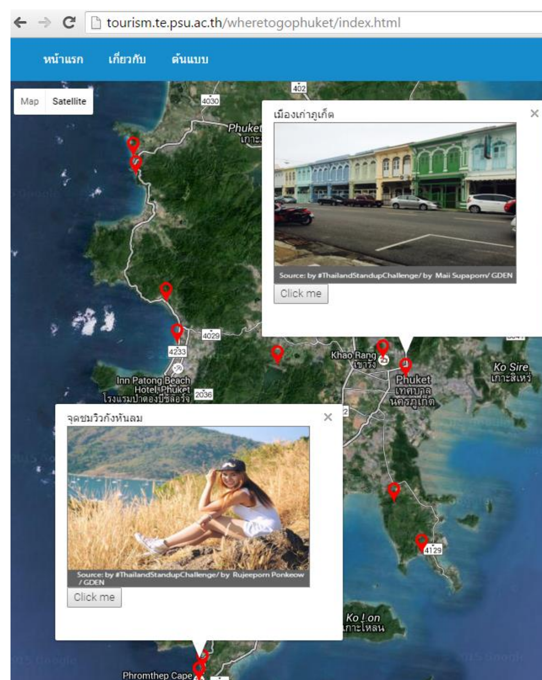
รูปที่ 1หน้าหลักหรือหน้าแรกของเว็บแอพพลิเคชั่นเพื่อบูรณาการข้อมูลการท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ต โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เข้าถึงได้ที่ www.tourism.te.psu.ac.th/wheretogophuket



รูปที่ 2หน้าเกี่ยวกับ แสดงที่มาและความสำคัญของการจัดทำโครงการวิจัย

4.2 การแสดงตำแหน่งสถานที่ท่องเที่ยว

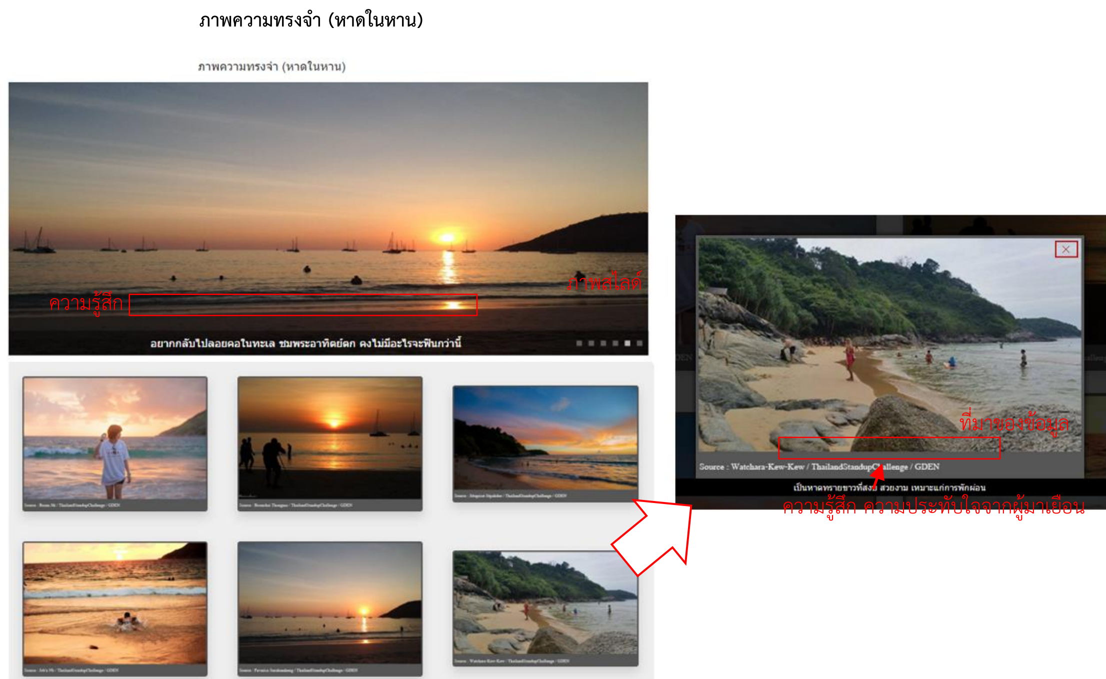
การแสดงผลตำแหน่งสถานที่ท่องเที่ยวบนแผนที่ภูมิศาสตร์ในรูปแบบของการปักหมุด โดยการนำตำแหน่งสถานที่ท่องเที่ยวมาแสดงในรูปแบบโครงสร้าง Shape file ร่วมกับJavaScript ในการแสดงข้อมูลเมื่อคลิกเลือกตำแหน่งจะแสดงข้อมูลชื่อสถานที่ท่องเที่ยวและภาพนักท่องเที่ยวที่ไปเยือน(รูปที่3) อีกทั้งสามารถคลิกปุ่มเพิ่มเติมเพื่อแสดงรายละเอียดข้อมูลของนักท่องเที่ยวที่มาเยือนสถานที่นั้นๆ



รูปที่ 3แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยว

4.3 การแสดงผลภาพความประทับใจของผู้มาเยือน

ในส่วนของการแสดงรายละเอียดตำแหน่งข้อมูลที่ได้จากกิจกรรม#ThailandStandupChallengeแสดงรายละเอียดข้อมูลในรูปแบบภาพถ่ายความทรงจำของนักท่องเที่ยวที่เคยไปเยือนสถานที่ท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ต (รูปที่ 4) พร้อมทั้งสะท้อนความรู้สึกความประทับใจผ่านข้อความบรรยายไว้ใต้ภาพ สิ่งเหล่านี้เป็นความรู้สึกที่เกิดขึ้นจริงของผู้มาเยือนสถานที่ท่องเที่ยวนั้นๆสำหรับแหล่งข้อมูลโซเชียล เช่นเว็บไซต์ เฟสบุ๊ค เป็นต้นแสดงรายละเอียดข้อมูลในรูปแบบภาพถ่ายความทรงจำของนักท่องเที่ยวที่เคยไปเยือนสถานที่ท่องเที่ยวซึ่งเป็นภาพถ่ายจุดเด่นของสถานที่นั้นๆ ของจังหวัดภูเก็ต



รูปที่ 4แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับภาพ และความรู้สึกของผู้มาเยือน

4.4 พื้นที่ต้นแบบในการค้นหาเรื่องเล่ากรณีศึกษาหาดในหาน

การศึกษาครั้งนี้เลือกหาดในหานเป็นพื้นที่ต้นแบบในการค้นหาเรื่องเล่า (รูปที่ 5)การค้นหาเรื่องเล่าโดยการลงพื้นที่เข้าไปในชุมชน เพื่อสอบถามข้อมูลจากผู้เฒ่าผู้แก่ ผู้ใหญ่บ้าน และประชาชนในพื้นที่ พร้อมทั้งเชื่อมโยงเชิงพื้นที่โดยการบูรณาการศาสตร์ทางด้านการรับรู้ระยะไกลร่วมกับศาสตร์ด้านสังคม เช่น การใช้ภาพถ่ายดาวเทียมจาก Google Earth ย้อนหลังหลายๆ ปี มาปะติดปะต่อเรื่องราว ว่าก่อนหน้านี้พื้นที่นั้นเป็นอะไร เหมือนหรือต่างกับปัจจุบันอย่างไร จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาเชื่อมโยงกับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์แสดงไว้ในตำแหน่งพื้นที่หาดในหาน และเมนูต้นแบบ

เรื่องเล่า/อัตลักษณ์ท้องถิ่น



รูปที่ 1 ภาพถ่ายดาวเทียมจาก Google Earth ปี พ.ศ. 2558 บริเวณหาดในหาน จังหวัดภูเก็ต

เมื่อประมาณ 60 กว่าปีที่ผ่านมา บริเวณหนองหานที่เห็น ในปัจจุบันนั้น เป็นพื้นที่นาข้าวและเป็นอู่ข้าวอู่น้ำของชาวบ้าน ซึ่งชาวบ้านจะมาหาปลาในบริเวณหนองน้ำนี้ อีกทั้งมีการลากอวนบริเวณที่เป็นจุดต่อระหว่างคลองที่เป็นการผสมระหว่างน้ำจืดกับน้ำเค็มซึ่งชาวบ้านเรียกว่าพื้นที่นั้นว่า "ปากหานหัก" หนองหานจะอยู่ติดกับสำนักสงฆ์ หรือที่เป็นวัดในปัจจุบัน เมื่อก่อนไม่มีถนน จะเป็นเพียงทางเดินเท้าเล็กๆ ชาวบ้านเรียกทางเดินนี้ว่า "หัวคันนา" เมื่อเวลาผ่านไปความอุดมสมบูรณ์ของป่าไม้ และธรรมชาติค่อยๆ ลดลง เพราะบางพื้นที่ในบริเวณนั้นถูกปรับเปลี่ยนเป็นสิ่งปลูกสร้างต่างๆ เช่น โรงแรม บังกะโล และรีสอร์ทในปัจจุบัน

บริเวณโดยรอบของหนองหานประกอบด้วย 2 ส่วน คือ (1) พื้นที่น้ำ ซึ่งมีลักษณะเป็นแอ่งน้ำล้อมรอบพื้นดิน เรียกว่า "หนองหาน" และ (2) พื้นดิน อยู่บริเวณตรงกลางของหนองหาน เรียกว่า "เกาะกลาง" ซึ่งภายในเกาะกลางนี้จะเป็นสวนสาธารณะ ร่มรื่นไปด้วยต้นสน และมีเครื่องออกกำลังกายสำหรับเด็ก อีกทั้งใช้เป็นสถานที่จัดงานประจำปีต่างๆ เช่น วันลอยกระทง สงกรานต์ งานวัด วันผู้สูงอายุ เป็นต้น และเป็นสถานที่สำหรับค่ายพักแรมลูกเสือ-เนตรนารีของนักเรียนในจังหวัดภูเก็ต

ชาวชุมชนยังคงมีวิถีชีวิตแบบประมงชาวบ้าน ดังจะเห็นได้จากการที่ในอดีตชาวบ้านมีการลากอ้วน ทอดแห เพื่อหาปลา กุ้ง บริเวณหน้าหาด ชาวบ้านเรียกบริเวณนี้ว่า "ปากหานหัก" และในหนองหานบ้างก็ใช้เรือออกไปหาปลาในทะเล แต่ในปัจจุบันประมงชาวบ้านเริ่มลดน้อยลงและได้ปรับเปลี่ยนไปตามกาลเวลา ในปัจจุบันชาวชุมชนส่วนใหญ่จะมาหาปลา และหอยในหนองหาน ซึ่งหนองหานมีลักษณะเป็นแอ่งหรืออ่างเก็บน้ำ และประตูกั้นน้ำจะเปิดตลอด น้ำเค็มสามารถเข้าออกได้ตลอด น้ำในหนองนั้นจึงเป็นน้ำกร่อย และเป็นแหล่งอาหารของชาวบ้าน จึงเป็นวิถีชุมชนที่มีลักษณะเฉพาะตัว แสดงให้เห็นถึงความเป็นอัตลักษณ์ที่ยังคงดำรงอยู่ปัจจุบัน

รูปที่ 5 เมนูต้นแบบการค้นหาเรื่องเล่าหรืออัตลักษณ์ และวิถีชีวิตชุมชนของแหล่งท่องเที่ยวกรณีศึกษาหาดในหาน จังหวัดภูเก็ต

5. วิจารณ์ผลและสรุปผล

การพัฒนาเว็บแอพพลิเคชั่นโดยอาศัยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อช่วยแก้ปัญหาการเชื่อมโยงเชิงพื้นที่ของข้อมูลโดยการสร้างระบบฐานข้อมูลในการจัดเก็บภาพถ่ายของนักท่องเที่ยวที่เคยไปเยือน พร้อมทั้งมีระบุความรู้สึก ความประทับใจของเจ้าของภาพบรรยายประกอบไว้อีกทั้งระบุตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งท่องเที่ยวเผยแพร่ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อเพิ่มช่องทางให้นักท่องเที่ยวและผู้ที่สนใจสามารถเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยวได้สะดวกขึ้น

แม้ว่ากรมการท่องเที่ยวและกีฬาได้จัดทำฐานข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวของประเทศไทยผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (กรมการท่องเที่ยว,2554) รวมทั้งสิ้น 4,776 แหล่ง พร้อมทั้งแสดงตำแหน่งสถานที่ท่องเที่ยวภาพและเนื้อหาของแหล่งท่องเที่ยวเช่นเดียวกับเว็บไซต์แผนที่ระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวในพื้นที่กรุงเทพมหานคร(กองการท่องเที่ยว สำนักวัฒนธรรม กีฬา และการท่องเที่ยว, 2557) และมีความคล้ายคลึงกับงานวิจัยของสุรางค์รัตน์ เชาว์โคกสูงและจักรกฤษณ์ เสน่ห์ (2554) ได้พัฒนาระบบบริการข้อมูลการท่องเที่ยวและแนะนำกำหนดการท่องเที่ยวในเขตพื้นที่ภาคเหนือแสดงข้อมูลรายละเอียดในรูปแบบภาพ ข้อความ เสียง และแอนิเมชั่น(Animation) ซึ่งข้อมูลเหล่านั้นเป็นเพียงข้อมูลทั่วไปไม่ได้บ่งบอกถึงเรื่องเล่าหรืออัตลักษณ์และวิถีชีวิตชุมชนของแหล่งท่องเที่ยว อีกทั้งภาพถ่ายเป็นเพียงรูปภาพทั่วไปของสถานที่นั้น ไม่มีการอัพเดทข้อมูลเพิ่มเติม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการท่องเที่ยวโดยชุมชนที่เพิ่งเปิดใหม่

งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาให้ข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวมีความน่าสนใจและความดึงดูดมากขึ้นโดยการถ่ายทอดความรู้สึกความประทับใจของนักท่องเที่ยวที่มาเยือนผ่านรูปภาพและข้อความที่เกิดจากความรู้สึกของผู้มาเยือนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต www.tourism.te.psu.ac.th/wheretogophuketจึงได้นำเสนอในรูปแบบการบูรณาการข้อมูลตำแหน่งทางภูมิศาสตร์สถานที่ท่องเที่ยว ข้อมูลจากเว็บไซต์ โซเชียลมีเดีย เฟสบุ๊ค ร่วมกับการศึกษาวิจัยรวบรวมและกลั่นกรองข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) เหล่านั้น ก่อนเผยแพร่ความรู้สู่สาธารณะ และการศึกษาวิจัยโดยใช้ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) จากการสัมภาษณ์เชิงลึก เพื่อผลิตผลงานวิจัยที่สามารถนำไปใช้ในการประชาสัมพันธ์สถานที่ท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ต บนพื้นฐานข้อมูลที่เชื่อถือได้ (Data Reliability)

มุ่งเน้นให้นักท่องเที่ยวรับรู้เรื่องเล่าหรืออัตลักษณ์และวิถีชีวิตชุมชนในสถานที่ท่องเที่ยว และสะท้อนความรู้สึกความประทับใจของนักท่องเที่ยวที่มีต่อสถานที่นั้น เพื่อกระตุ้นให้เกิดการกลับมาเยือนหรือบอกต่อกับคนที่รู้จัก ความประทับใจหรืออัตลักษณ์เหล่านี้สามารถใช้เป็นจุดขายของสถานที่ท่องเที่ยวนั้น ๆ ได้ ดังนั้นผู้ที่สนใจทั้งภาครัฐและเอกชนสามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปสู่การวางรากฐานที่สำคัญในการพัฒนาการท่องเที่ยวแบบบูรณาการอย่างยั่งยืนต่อไป

6. ข้อเสนอแนะ

คณะผู้วิจัยได้วางแผนดำเนินการวิจัยต่อยอด เพื่อพัฒนาเว็บแอพพลิเคชั่นในการบริการข้อมูลการท่องเที่ยวโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (www.tourism.te.psu.ac.th/wheretogophuket) มุ่งสร้างความแตกต่างจากเว็บไซต์อื่นๆ โดยการเน้นการถ่ายทอดความรู้สึก ความประทับใจของนักท่องเที่ยวที่มาเยือนผ่านรูปภาพและข้อความที่เกิดจากความรู้สึกของผู้มาเยือนจริงๆพร้อมทั้งสัมภาษณ์เชิงลึกปราชญ์ชาวบ้าน ผู้นำชุมชน และประชาชนในพื้นที่ ทั้งนี้เพื่อค้นหาเรื่องเล่าหรืออัตลักษณ์และวิถีชีวิตชุมชนของแหล่งท่องเที่ยวทั่วทั้งจังหวัดภูเก็ตเพื่อตอบสนองนโยบายภาครัฐในการพัฒนาเศรษฐกิจการท่องเที่ยวจากรากฐานวัฒนธรรมท้องถิ่นเพื่อนำไปสู่การท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

กรมการท่องเที่ยว. (2554). **ระบบฐานข้อมูลแหล่งท่องเที่ยว**. ค้นหาออนไลน์เมื่อ 1 พฤศจิกายน 2558, จาก:http://www.tourism.go.th/

กองการท่องเที่ยว สำนักวัฒนธรรม กีฬา และการท่องเที่ยว. (2557). **เว็บไซต์แผนที่ระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยว (GIS)**. ค้นหาออนไลน์เมื่อ 5 พฤศจิกายน 2558, จาก:www.bangkoktourist.com

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ . (2546). การคิดเชิงวิเคราะห์. กรุงเทพฯ: บริษัทซัคเซสมีเดีย จำกัด.

ศิริลักษณ์ โรจนกิจอำนวย, วีระพงศ์ มาลัย และลัดดาวัลย์ แก้วกิติพงษ์. (2557). **การสร้างภาพลักษณ์ จุดหมายปลายทางและกลยุทธ์ทางการตลาด สำหรับการท่องเที่ยวไทย.** กรุงเทพฯ:บริษัท สุมนพับลิชชิ่ง จำกัด.

สำนักงานสถิติจังหวัดภูเก็ต. (2558). **ข้อมูลที่สำคัญจังหวัดภูเก็ต.** ค้นหาออนไลน์เมื่อ 4 พฤศจิกายน 2558, จาก: http://phuket.nso.go.th

สำนักงานสถิติจังหวัดภูเก็ต. (2558). **รายงานวิเคราะห์สถานการณ์การจัดทาข้อมูลเชิงพื้นที่จังหวัดภูเก็ต.** ค้นหาออนไลน์เมื่อ 4 พฤศจิกายน 2558, จาก: http://phuket.nso.go.th

สุรางค์รัตน์ เชาว์โคกสูง และจักรกฤษณ์ เสน่ห์. (2554).การพัฒนาระบบบริการข้อมูลการท่องเที่ยวและแนะนำกำหนดการท่องเที่ยวด้วยการแสดงผลในลักษณะระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. **วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์,2**(1),31-45.

Choi, S., Lehto, X. Y., and Morrison, A. M. (2007). Destination imagerepresentation on the web: Content analysis of Macau travelrelated websites. **Tourism Management**, **28**(1), 118-129.

Lee, G., Cai, L. A., & O'Leary, J. T. (2006). www.branding.states.us: Ananalysis of brand-building elements in the US state tourismwebsite. **Tourism Management, 27**(5), 815-828.

Xiang, Z. and Gretzel, U. (2009). Role of social media in online travelinformation search, **Tourism Management,31**(2), 179-188

ระบบจัดเก็บและให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศ

Geo-information storage and service system

ศรัณยพงศ์ พราหมณ์เสน่ห์
Saranpong Pramsane
ศูนย์ข้อมูลทางแผนที่ กรมแผนที่ทหาร
prammicester@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาและวิเคราะห์การทำงานระบบจัดเก็บและให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศ ของ กรมแผนที่ทหาร นับว่ามีความสำคัญและเป็นการทดสอบขีดความสามารถของระบบในภาพรวม เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการใช้งานของผู้ดูแลรักษาระบบ ตลอดจนผู้ใช้งานซึ่งยังไม่มีความคุ้นเคยกับการทำงานของระบบนี้ ระบบจัดเก็บและให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศ เป็นระบบที่ใช้รวบรวมแผนที่ ภาพถ่ายทางอากาศปรับแก้ และข้อมูลภูมิสารสนเทศอื่นๆ เช่น ข้อมูลความสูงภูมิประเทศ ข้อมูลแหล่งน้ำและที่ตั้งสิ่งก่อสร้างต่างๆ เป็นต้นระบบนี้สามารถให้บริการข้อมูลดังกล่าว โดยผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ผู้ใช้บริการสามารถใช้บริการข้อมูลจากอุปกรณ์สื่อสารที่เชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตได้อย่างสะดวก ตลอดเวลาเมื่อต้องการวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือ วิเคราะห์และทดสอบการทำงานระบบจัดเก็บและให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศ ในด้านการจัดเก็บข้อมูลการใช้งานระบบ การวิเคราะห์ข้อมูล และการให้บริการข้อมูลแก่ผู้ใช้งานตามความต้องการในรูปแบบต่างๆ ทั้งนี้ กรมแผนที่ทหาร ซึ่งเป็นหน่วยงานรับผิดชอบระบบ ต้องการใช้งานระบบนี้ในการให้บริการข้อมูลแผนที่และภูมิสารสนเทศ แก่หน่วยงานภาครัฐในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศ ทั้งในภาวะปกติและในภาวะวิกฤติอย่างมีประสิทธิภาพ ผลการศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบว่าระบบจัดเก็บและให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศ สามารถสืบค้นข้อมูลที่ผู้ใช้ต้องการ ผู้ใช้สามารถนำข้อมูลแผนที่และภูมิสารสนเทศมาใช้งานตามความต้องการ ตลอดจนสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดนอกจากนี้ระบบสามารถจัดเก็บแผนที่และภูมิสารสนเทศ ได้อย่างเป็นระบบสามารถเรียกใช้งานได้อย่างสะดวกระบบนี้สามารถสนับสนุนข้อมูลสำหรับการบริหารจัดการน้ำของประเทศได้ตามเป้าหมาย

คำสำคัญ : การให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศ; การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ

Abstract

It is very essential to conduct thorough study and analysis of the Geo-information storage and service system of the Royal Thai Survey Department(RTSD), because the finding can be useful for system administrator and users who are inexperience to the system. This system is designed to store and service Geo-information, such as maps, orthophotos, digital terrain model and other related information used in mapping. Access via Internet, users can conveniently retrieve required information from the system with their computer and other mobile devices. 2Purposes of this study is to analysis and evaluate the Geo-information storage and service system on the aspects of storing data, usage, analysis features, and service to users. As set objective of the system, RTSD intends to provide Geo-information service to government agencies which in charge of water resource management during normal and crisis situation. The result of study found that the system is able to perform searching needed

data, use of data in various needs, and analysis, as well as data storage capacity. This system efficiently support Thai government in water resource management to meet its requirement.

Key words: Geo-information services; water resource management

1. บทนำ

การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศในปัจจุบัน ส่งผลให้เกิดปัญหาน้ำท่วมและภัยแล้งประเทศต่างๆทั่วโลกจำเป็นต้องมีการวางแผนการบริหารจัดการแหล่งน้ำธรรมชาติ เพื่อให้มีความพร้อมในการแก้ปัญหาดังกล่าวได้อย่างทันการณ์ โดยมิให้เกิดผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจสังคมตลอดจนความเป็นอยู่ของประชาชนในภูมิภาคเอเชีย ประเทศไทย และประเทศอื่นในภูมิภาคนี้ก็ได้รับผลกระทบจากสภาพอากาศเปลี่ยนแปลงเช่นกันกล่าวคือ ในปี พ.ศ.๒๕๕๔ ประเทศไทยประสบปัญหาอุทกภัยอย่างหนักในพื้นที่ภาคกลาง และในปีนี้ประเทศประสบปัญหาภัยแล้ง ซึ่งมีผลกระทบต่อสภาพเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ดังนั้นการวางแผนด้านทรัพยากรน้ำจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการรองรับปัญหาน้ำท่วมและภัยแล้ง องค์กรด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ จะต้องใช้เทคโนโลยีหลากหลายสาขาประกอบกับข้อมูลสภาพอากาศและภูมิสารสนเทศ ในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ เพื่อให้มีการคาดการณ์ล่วงหน้าและนำมาจัดทำแผนการจัดการทรัพยากรน้ำระยะสั้น ระยะกลาและระยะยาว โดยมิให้ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคมตลอดจนประชาชนของประเทศ เทคโนโลยีด้านแผนทีเป็นเทคโนโลยีที่สำคัญในการนำมาใช้ในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ เนื่องจากสามารถใช้บริหารจัดการรวบรวมข้อมูลวิเคราะห์และแสดงผลได้อย่างชัดเจนเข้าใจง่าย และได้ผลการศึกษาที่เป็นที่น่าเชื่อถือและยอมรับแก่องค์กรบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ

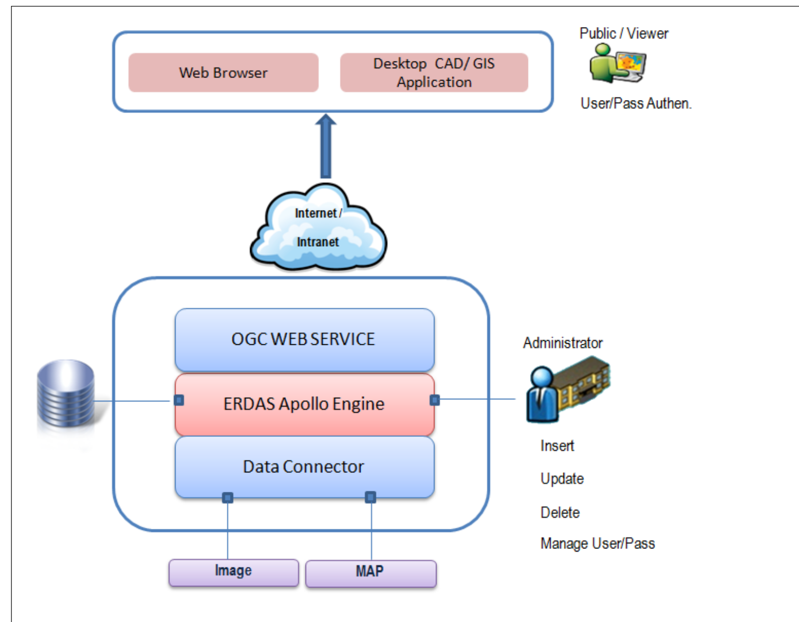
2. วัตถุประสงค์

ในการศึกษานี้จะเป็นการใช้เทคโนโลยีทางแผนที่มาใช้ในการจัดเก็บ และให้บริการข้อมูลแผนที่และภูมิสารสนเทศสำหรับใช้ในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศ โดยทำการวิเคราะห์ ทดสอบ แสดงผลของระบบจัดเก็บและให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศ แก่ผู้ใช้งานระบบที่มีความต้องการใช้ข้อมูล โดย กรมแผนที่ทหาร เป็นหน่วยงานรับผิดชอบระบบ ซึ่งมีวัตถุประสงค์ให้บริการข้อมูลแผนที่และภูมิสารสนเทศแก่หน่วยงานภาครัฐในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศ ในภาวะปกติและภาวะวิกฤต ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

3. วิธีการวิจัย

ในการจัดทำระบบจัดเก็บและให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศ เพื่อใช้ในกิจการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ จะเป็นการให้บริการหรือแลกเปลี่ยนข้อมูลภูมิสารสนเทศที่เป็นแบบเชิงพื้นที่ เพื่อให้เกิดการบูรณาการข้อมูลที่เกี่ยวข้อง หรือใช้ประกอบในการวิเคราะห์ทรัพยากรน้ำจากหน่วยงานภาครัฐอื่น ให้สามารถนำข้อมูลภูมิสารสนเทศไปใช้ประโยชน์สำหรับการวิเคราะห์ทรัพยากรน้ำ ในพื้นที่ที่ต้องการประเด็นสำคัญคือองค์กรเจ้าของข้อมูล ต้องจัดเก็บและปรับปรุงข้อมูลที่ให้บริการให้ทันสมัยเสมอ เพื่อให้ผู้ใช้นำข้อมูลไปบริหารจัดการหรือตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้เมื่อมีเหตุการณ์ฉุกเฉินหน่วยงานให้บริการข้อมูลต้องทำการปรับปรุงข้อมูลที่ให้บริการแบบทันการณ์ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา เช่น ความเสียหายที่เกิดจากภัยพิบัติทางธรรมชาติ เป็นต้น หน่วยงานผู้ใช้ข้อมูลจำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น แผนที่ ภาพถ่ายดาวเทียม หรือภาพถ่ายทางอากาศ เป็นต้นที่ทันสมัยและรวดเร็ว เนื่องจากสภาพภูมิประเทศมีการเปลี่ยนแปลงและรูปแบบความต้องการข้อมูลที่เป็นปัจจุบันเช่น ข้อมูลภาพดาวเทียม ภาพถ่ายทางอากาศ และข้อมูลภูมิสารสนเทศอื่นๆ ซึ่งมีขนาดใหญ่และหลากหลายจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการให้บริการข้อมูลขนาดใหญ่ดังกล่าว คือ การให้บริการผ่านทางเว็บไซต์ ซึ่งผู้รับบริการสามารถเข้าถึง และนำมาวิเคราะห์ใช้งานได้

อย่างรวดเร็วและสะดวก ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมแก่การนำมาใช้ในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ หรือแก้ปัญหาน้ำท่วมและภัยแล้ง เป็นการให้บริการแบบWeb Map Services (WMS)ที่อยู่ในมาตรฐานของ Open Geospatial Consortium (OGC) โดย กรมแผนที่ทหาร ให้บริการแผนที่ ภาพถ่ายทางอากาศ หรือข้อมูลภูมิสารสนเทศอื่น โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ หรือภัยพิบัติทางธรรมชาติ สามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้งานได้ทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ซึ่งมีการทำงานตามแผนผังข้างล่าง

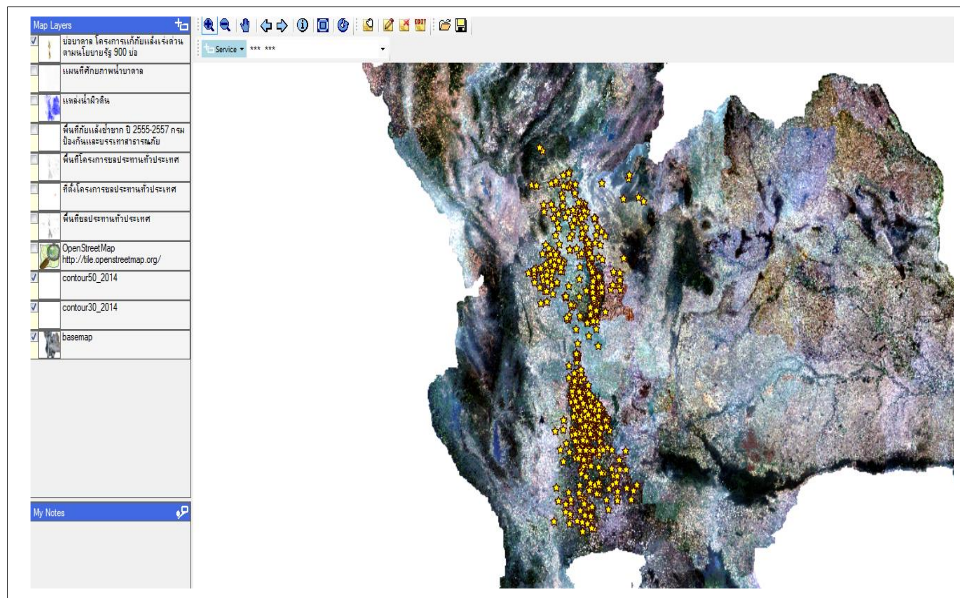


รูปที่ 1 แผนผังให้บริการข้อมูลแบบ WMS

การใช้งานข้อมูลจากผู้ให้บริการแบบ WMS นั้น ผู้ใช้งานสามารถนำข้อมูลไปใช้ในแบบ Desktop application หรือแบบ Web application ในการใช้งานแบบ Desktop application ผู้ใช้งานจะต้องมีโปรแกรมที่ใช้สำหรับวิเคราะห์และแสดงผลข้อมูลที่ดึงมาใช้งานจากผู้ให้บริการ ซึ่งได้แก่ Gaia, Geomedia, ERDASApolloหรือ ERDAS Imagingเป็นต้น สำหรับการใช้งานแบบ Web application นั้นผู้ใช้บริการสามารถเรียกข้อมูลจาก WMS มาใช้งานกับโปรแกรม Web Browser ทั่วไปได้

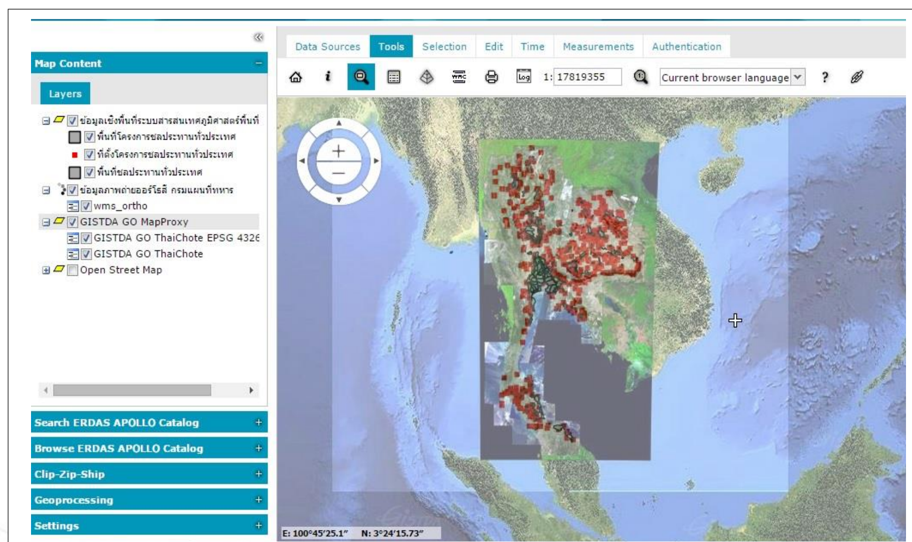
4. ผลการวิจัย

ในการศึกษาระบบจัดเก็บและให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศสำหรับใช้ในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ ซึ่งเป็นแบบ WMS โดยใช้โปรแกรม ERDASApollo ข้อมูลที่นำเข้าจากผู้ให้บริการ ได้แก่ แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศปรับแก้ และข้อมูลความสูงภูมิประเทศ เป็นต้นโดยมีการให้บริการทางอินเตอร์เน็ตผู้ใช้บริการมีทั้งแบบ Desktop application และ Web application ตามรูปที่ 2 เป็นการใช้โปรแกรม Freeware ชื่อGaia แสดงข้อมูลจาก WMS คือ ภาพถ่ายทางอากาศปรับแก้ กับข้อมูลตำแหน่งบ่อบาดาลเพื่อการบริหารจัดการภัยแล้ง



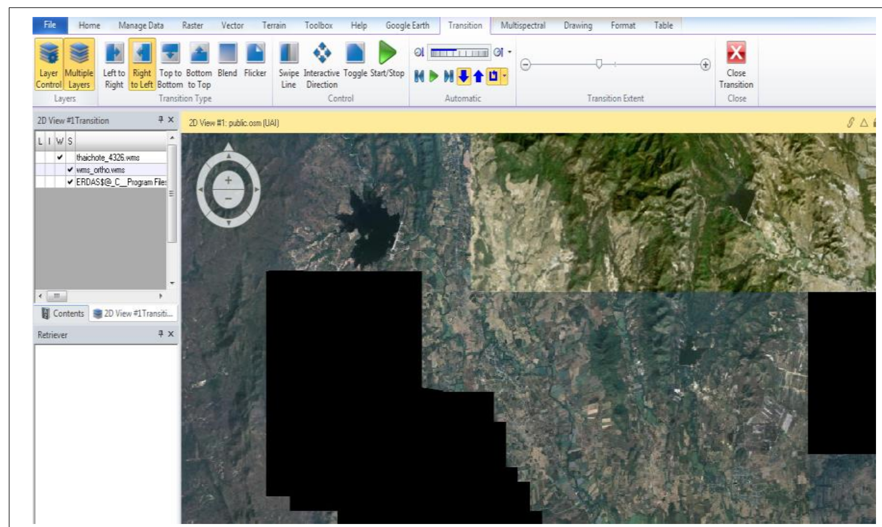
รูปที่ 2 แสดงข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศปรับแก้ กับตำแหน่งบ่อบาดาล

การใช้งานข้อมูลWMS โดยใช้งานแบบ Web application เพื่อใช้แสดงผลจากข้อมูลให้บริการภาพถ่ายทางอากาศปรับแก้กับข้อมูลเชิงพื้นที่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พื้นที่ชลประทาน เพื่อใช้ในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ ตามรูปที่ 3



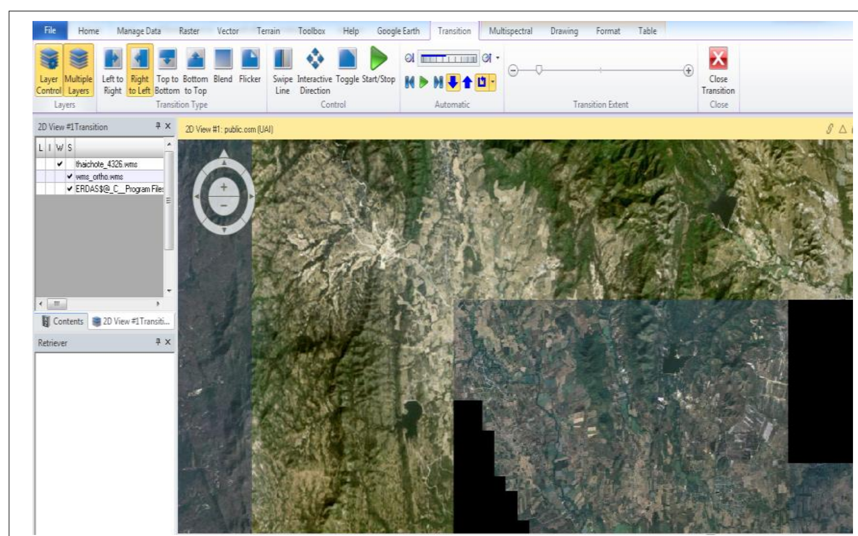
รูปที่ 3 ภาพถ่ายทางอากาศปรับแก้กับพื้นที่ชลประทาน

การใช้โปรแกรมวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม และภาพถ่ายทางอากาศ เพื่อแสดงข้อมูลวิเคราะห์ผล แบบ Desktop application คือ ERDASImaging โดยใช้วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่จากข้อมูลWMS คือภาพถ่ายดาวเทียม THEOS และภาพถ่ายทางอากาศปรับแก้ โดยนำมาเปรียบเทียบพื้นที่ภูมิประเทศ เพื่อใช้ในการบริหารจัดการภัยแล้ง ตามรูปที่ 4 และ รูปที่ 5



รูปที่ 4 สภาพแหล่งน้ำก่อนภัยแล้ง

6



รูปที่ 5 สภาพภูมิประเทศเมื่อเกิดภัยแล้ง

5. บทสรุป

ผลการศึกษาระบบจัดเก็บและให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศ ที่มีการให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศแบบ WMS สามารถจัดเก็บข้อมูลภูมิสารสนเทศได้หลากหลาย เช่น แผนที่ ภาพถ่ายทางอากาศ และภูมิสารสนเทศอื่นๆ ได้เมื่อต้องการ โดยข้อมูลดังกล่าวสามารถทำการปรับปรุงให้ทันสมัยอย่างสะดวก และจัดเก็บที่เครื่องแม่ข่ายที่ กรมแผนที่ทหาร ผู้ใช้บริการข้อมูลจากระบบนี้สามารถเข้าถึงข้อมูลทางเว็บไซต์ และเลือกใช้ข้อมูลได้ตามแคตตาล็อกที่ปรากฏบนจอโปรแกรมแสดงผล ผู้ใช้บริการสามารถใช้บริการได้ทั้งแบบโปรแกรม Desktop และWeb application นอกจากนี้ผู้ใช้บริการยังสามารถนำข้อมูลWMS จากเว็บไซต์อื่นมาประกอบการวิเคราะห์ใช้ประโยชน์ได้ในลักษณะบูรณาการข้อมูล ทำให้สามารถใช้ประโยชน์ข้อมูลภูมิสารสนเทศได้

อย่างกว้างขวางและสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลประกอบการวิเคราะห์ และตัดสินใจในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำหรือภัยพิบัติทางธรรมชาติ ได้แก่ น้ำท่วมและภัยแล้งได้อย่างเหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

Katharine Cross , International Water Association , “Flood and drought tools project review”, Flood and Drought Symposium, United Nations Conference Centre, Bangkok, Thailand

ความได้เปรียบของการถ่ายภาพทางอากาศด้วยกล้องถ่ายภาพทางอากาศเชิงเลข Leica DMC III

Benefit of the new Leica DMC III Airborne Mapping Solution

ณัฐวุฒิ พรหมดำรงค์ และ อาษิฐ ลาภพระแก้ว

NutthawutPromdumrongand AsitLapprakaew

แผนกต้นหนถ่ายภาพทางอากาศ กองบินถ่ายภาพทางอากาศ กรมแผนที่ทหาร

เขตดอนเมือง กรุงเทพฯ 10210

โทรศัพท์ 02-523-7488โทรสาร 02-523-7488

e-mail: nutthawut.pro@rtarf.mi.th, asitdae@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอความได้เปรียบ และประโยชน์ ในการใช้กล้องถ่ายภาพทางอากาศเชิงเลข รุ่นล่าสุดของกรมแผนที่ทหาร นั่นคือ Leica DMC III Airborne Mapping Solution ในการสำรวจและถ่ายภาพ ทางอากาศ โดยแสดงรายละเอียดส่วนประกอบของกล้อง คุณสมบัติเฉพาะต่างๆ ของกล้อง และคุณลักษณะของผลผลิตภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขที่ได้ จากนั้นทำการเปรียบเทียบกับ กล้อง Z/I Imaging DMC I รุ่นเดิมที่กรมแผนที่ทหารใช้อยู่ ด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัยและคุณสมบัติเฉพาะที่ยอดเยี่ยมของกล้อง DMC III จึงทำให้มีข้อได้เปรียบหลายด้านในกระบวนการผลิตภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข ตั้งแต่การวางแผนการบินไปจนถึงการประมวลข้อมูล ผู้ปฏิบัติงานได้รับประโยชน์จากเครื่องมือและโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพสูง ใช้งานง่าย สะดวก และรวดเร็ว ความน่าสนใจอย่างหนึ่งคือความยาวโฟกัสที่สั้นลงและขนาดจุดภาพที่เล็กลงของกล้อง DMC III ทำให้ภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขมีความละเอียดสูงขึ้นเมื่อถ่ายภาพจากระยะความสูงบินเดียวกันเมื่อเทียบกับกล้อง DMC I ดังนั้นคุณลักษณะของผลผลิตภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขของกล้อง DMC III จึงมีความแตกต่างและมีคุณภาพที่ดีกว่าผลผลิตภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขของกล้อง DMC I อย่างเห็นได้ชัด

คำสำคัญ :กล้องถ่ายภาพทางอากาศเชิงเลข, ภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข

ABSTRACT

This article presents the advantages and benefits in the use of the new model of Digital Mapping Camera (DMC) of the Royal Thai Survey Department; Leica DMC III, Airborne Mapping Solution for an aerial photography and survey. The specification and properties of the camera and digital image will be compared with the previous DMC model; Z/I ImagingDMC I. The advanced technology and wonderful features of the DMC III lead to the advantages of an aerial image processing since flight planning until data processing step. It is user-friendly for the aerial photographer, navigator and pilot. Furthermore, the comparison between DMC I and DMC III at the same flight altitude presents that the DMC III provides the shorter focal length and produces the smaller pixel size than the DMC I creating a higher resolution of the aerial digital photos. Thus, the feature of the aerial photos can be derived the better Ground Sampling Distance (GSD). It demonstrates that the properties of the aerial photo of DMC III are obviously better features than the aerial photo of DMC I.

KEY WORDS : Digital Mapping Camera, Digital Aerial Photograph

1. บทนำ

ในปัจจุบันเป็นที่ชัดเจนแล้วว่ากล้องถ่ายภาพทางอากาศเชิงเลขได้เข้ามาแทนที่กล้องถ่ายภาพทางอากาศด้วยฟิล์ม โดยในหลายประเทศกล้องถ่ายภาพทางอากาศเชิงเลขถูกนำมาใช้เป็นมาตรฐานในการสำรวจทางอากาศ เนื่องจากข้อได้เปรียบหลายประการเมื่อเทียบกับกล้องถ่ายภาพทางอากาศแบบฟิล์ม (K. Jacobsen, 2010)

กรมแผนที่ทหารในฐานะหน่วยงานราชการหลักของประเทศไทยในการทำแผนที่ได้เปลี่ยนผ่านจากการถ่ายภาพทางอากาศด้วยกล้องฟิล์มเป็นกล้องถ่ายภาพทางอากาศเชิงเลขเป็นที่เรียบร้อยเมื่อประมาณ 8ปีที่ผ่านมา โดยเริ่มต้นด้วยการเลือกใช้กล้องถ่ายภาพทางอากาศเชิงเลขชนิด Z/I Imaging DMC I ของบริษัทอินเตอร์กราฟคอร์ปอเรชั่น จำกัด ซึ่งเป็นหนึ่งในสามของผู้ผลิตกล้อง ประเภท Large format รายใหญ่ของโลก กล้องชนิดนี้มีคุณลักษณะเฉพาะที่ดี วัสดุที่ใช้มีความคงทนแข็งแรง ระบบควบคุมการทำงานของกล้องออกแบบมาให้ใช้งานได้สะดวก ทำให้ง่ายต่อการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน โปรแกรมวางแผนการถ่ายภาพและประมวลผลข้อมูลมีประสิทธิภาพสูง ตลอดระยะเวลา 8 ปีสามารถผลิตภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขได้มากกว่า 200,000 ภาพ โดยมีค่า Ground Sampling Distance (GSD) ที่ 18, 30, 48, และ 60 เซนติเมตร ตามลำดับค่า GSD ดังกล่าวมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากบ่งบอกถึงความละเอียดของจุดภาพบนภูมิประเทศจริงแล้วยังเป็นตัวกำหนดค่าตัวแปรอื่นๆในการวางแผนการบินถ่ายภาพอีกด้วย ต่างจากกล้องฟิล์มที่ใช้มาตราส่วนภาพเป็นตัวกำหนด(K. Jacobsen ,2010, K. Neumann, 2005)

ค่า GSD จะถูกกำหนดจากความต้องการของผู้ใช้งานภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขเป็นหลัก ภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขที่มีค่า GSD ต่ำหรือมีความละเอียดคมชัดสูงนั้นเป็นไปตามมาตรฐานของแต่ละโครงการ ถึงแม้ว่าปัจจุบันภาพถ่ายดาวเทียมต่างๆจะมีความละเอียดที่เทียบเท่าภาพถ่ายทางอากาศเพิ่มมากขึ้น แต่ด้วยข้อจำกัดของสภาพอากาศและเวลา ทำให้การถ่ายภาพทางอากาศยังคงมีความยืดหยุ่นสูงกว่า

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่ากล้องถ่ายภาพทางอากาศเชิงเลข โดยเฉพาะอย่างยิ่งกล้อง DMC I นั้นสามารถตอบสนองต่อการปฏิบัติงานบินถ่ายภาพทางอากาศเพื่อจัดทำแผนที่มาตราส่วน 1 : 50,000 ได้อย่างดีเยี่ยม (กรมแผนที่ทหาร , 2014) แต่ยังมีข้อจำกัดในการนำไปประยุกต์ใช้ในด้านอื่น จนมีการพัฒนามาเป็น Z/I Imaging DMC II และล่าสุดคือLeica DMC III Airborne Mapping Solutionกรมแผนที่ทหารได้จัดซื้อเพื่อเสริมประสิทธิภาพของการผลิตภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข ให้มีความทันสมัย รวดเร็ว และมีคุณภาพที่ดียิ่งขึ้น สามารถตอบสนองต่อความต้องการของหน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐและภาคเอกชนที่ต้องการใช้ภาพถ่ายทางอากาศที่มีความละเอียดและความคมชัดสูงด้วยเทคโนโลยีของกล้อง DMC IIIที่ได้รับการพัฒนาและปรับปรุงมาเป็นอย่างดี จึงทำให้เกิดข้อได้เปรียบในหลายๆด้านเมื่อเทียบกับกล้องDMC I

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการพัฒนาของกล้องถ่ายภาพทางอากาศเชิงเลข Leica DMC III Airborne Mapping Solution วิเคราะห์ความได้เปรียบ และประโยชน์จากคุณลักษณะเฉพาะของกล้อง ในการสำรวจและถ่ายภาพทางอากาศโดยการเปรียบเทียบกับกล้อง Z/I ImagingDMC I

3. วิธีการวิจัย

3.1 ศึกษารายละเอียดส่วนประกอบ และคุณลักษณะเฉพาะของกล้อง DMC III
3.2 เปรียบเทียบข้อมูลในข้อ 3.1 ของกล้อง DMC ในแต่ละรุ่น
3.3 เปรียบเทียบผลผลิตภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขของกล้อง DMC III กับ กล้อง DMC I
3.4 ประเมินข้อได้เปรียบและประโยชน์ของการใช้กล้อง DMC III ในการผลิตภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข

4. ผลการวิจัย





ภาพที่ 1 Leica DMC III

ภาพที่ 2 Z/I Imaging DMC I

ส่วนประกอบที่สำคัญของกล้องDMC III ได้แก่

1. กล้องถ่ายภาพทางอากาศเชิงเลข(DMC III Camera)
2. ฐานกล้องถ่ายภาพทางอากาศเชิงเลข (Stabilized Mount)
3. เครื่องอ่านข้อมูลดิบ(RawData) และอุปกรณ์ถ่ายโอนภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข(Download Station)
4. เครื่องกำหนดตำแหน่งและหาค่าอาการเอียงของการถ่ายภาพทางอากาศ (GNSS/IMU)
5. หน้าจอปฏิบัติงานถ่ายภาพ(Operator Console)
6. หน้าจอนำหนสำหรับนักบิน(Pilot Display)
7. อุปกรณ์จ่ายไฟ (Power Distribution Box)





ภาพที่ 3 ส่วนประกอบของกล้อง Leica DMC III

ภาพที่ 4 ส่วนประกอบของกล้องZ/I Imaging DMC I

จากภาพที่ 3 และ 4 รูปลักษณ์ภายนอก ขนาดของอุปกรณ์ และจำนวนส่วนประกอบของกล้อง DMC III มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับกล้อง DMC I เป็นผลมาจากความก้าวหน้าของเทคโนโลยีการผลิต และการออกแบบอุปกรณ์ที่คำนึงถึงผู้ปฏิบัติงาน ทำให้อุปกรณ์มีขนาดลดลง เช่น ตัวกล้องหลัก, เครื่องอ่านข้อมูลดิบและอุปกรณ์ถ่ายโอนภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข (**Download Station),**อุปกรณ์บันทึกข้อมูลภาพ เป็นต้น รวมไปถึงอุปกรณ์บางชนิดยังถูกยุบรวมเข้าไว้ด้วยกัน ตัวอย่างเช่น หน่วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของกล้องถูกรวมเข้ากับตัวกล้องหลัก ระบบคอมพิวเตอร์และ

หน้าจอปฏิบัติงานถ่ายภาพถูกรวมเข้าด้วยกัน ทำให้กล้อง DMC III มีความคล่องตัวสูงกว่า การติดตั้งหรือเคลื่อนย้ายได้สะดวกรวดเร็วกว่ากล้อง DMC I นอกจากนี้กล้อง DMC III ยังมีคุณลักษณะเฉพาะที่ยอดเยี่ยม(Leica Geosystems AG, 2015)ดังตารางที่ 1

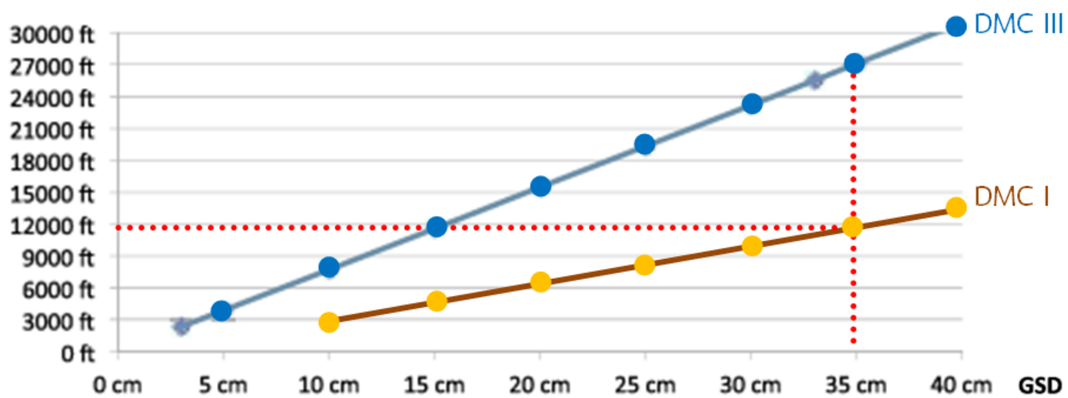
ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบคุณลักษณะเฉพาะของกล้อง DMC III กับ กล้อง DMC I

Specifications	DMC III	DMC I
Sensor	CMOS	CCD
PAN pixel across track (pixel)	25728	13824
PAN pixel along track (pixel)	14592	7680
PAN FoV across track	57.2°	69.3°
PAN FoV along track	34.4°	42°
PAN focal length (mm)	92	120
PAN pixel size (μm)	3.9	12
MS focal length (mm)	45	25
MS pixel size (μm)	6	12
Frame rate (second)	1.9	2.1
Colour channels	R,G,B, NIR	R,G,B, NIR
Resolution per pixel (bit)	14	12
Onboard storage	6.4 TByte	768 GByte
Weight	63	88

จากตารางที่ 1 กล้อง DMC III ได้เปลี่ยนมาใช้ sensor รับแสงที่เป็นแบบ CMOS แทนการใช้ CCD ปัจจุบันด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัยทำให้ CMOS รุ่นใหม่ได้ถูกปรับปรุงและพัฒนาให้มีคุณภาพที่ดีเทียบเท่ากับ CCDบวกกับข้อดีของ CMOS คือมีการตอบสนองอย่างรวดเร็วของ sensor และใช้พลังงานที่น้อยกว่าทำให้ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น

ความยาวโฟกัสของกล้อง DMC III นั้นมีขนาดสั้นลงเหลือ 92มม. ในขณะที่พื้นที่การมองเห็น (Field of View: FoV) มีขนาดเล็กลงเช่นกัน ทำให้สัดส่วนของ FoVต่อความยาวโฟกัสของกล้องทั้งสองแบบต่างกันเพียงเล็กน้อย ความสำคัญอยู่ที่ขนาดของจุดภาพ (Pixel size) ของกล้อง DMC III ที่มีขนาดเล็กมากเพียง 3.9 ไมครอน รวมไปถึงขนาดของภาพ (Image size) ที่มีขนาดถึง 14,592 x 25,728 จุดภาพหรือประมาณ 375 ล้านจุดภาพ ทำให้กล้อง DMC III เป็นกล้องที่มีสมรรถนะสูงกว่ากล้อง DMC I เป็นอย่างมาก

ความสามารถในการบินถ่ายภาพทางอากาศของกล้อง DMC III เมื่อเทียบกับกล้อง DMC I โดยคำนึงถึงตัวแปรค่าความละเอียดจุดภาพเทียบระยะบนภูมิประเทศจริง (Ground Sampling Distance: GSD)หรือค่าความสูงบิน (Flying height) เป็นหลัก จะเห็นได้ว่าเมื่อบินถ่ายภาพทางอากาศที่ความสูงเดียวกัน เช่น ที่ระยะสูงบิน 12,000 ฟุต กล้อง DMC III จะได้ค่า GSD ที่ต่ำกว่าหรือมีค่าความละเอียดคมชัดสูงกว่ากล้อง DMC I หรือเมื่อกำหนดค่า GSD คงที่ ตัวอย่างเช่น 35 เซนติเมตร กล้อง DMC III จะใช้ความสูงในการบินถ่ายภาพทางอากาศในระดับที่สูงกว่ากล้อง DMC I ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความสูงบิน กับ Ground Sampling Distanceของกล้อง DMC III และกล้อง DMC I

ตารางที่ 2 ความสูงบินต่อความกว้างแนวบันทึกภาพ(Leica Geosystems AG, 2015)

GSD	Flying height	Flying height	Swath width
3 cm	708 m	2,322 ft	783 m
5 cm	1,179 m	3,870 ft	1,306 m
10 cm	2,359 m	7,739 ft	2,611 m
15 cm	3,538 m	11,609 ft	3,917 m
20 cm	4,718 m	15,479 ft	5,222 m
25 cm	5,897 m	19,349 ft	6,528 m
30 cm	7,077 m	23,218 ft	7,834 m
33 cm	7,785 m	25,540 ft	8,617 m
35 cm	8,256 m	27,088 ft	9,139 m
40 cm	9,436 m	30,958 ft	10,445 m
45 cm	10,615 m	34,827 ft	11,750 m

ค่า GSD นั้นสัมพันธ์กับค่าความสูงบิน(H) ความยาวโฟกัสของกล้อง(f) และขนาดของจุดภาพ(Pixel size) โดยสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$GSD=(\text{Pixel size} \times H)/f \quad (1)$$

สำหรับภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขแล้วค่า GSD ถือเป็นคุณสมบัติที่สำคัญในการบอกถึงความละเอียดเชิงพื้นที่ของภาพถ่ายทางอากาศ ค่า GSD ยิ่งมีค่าต่ำ ความคมชัดของภาพยิ่งสูง การจำแนกรายละเอียดบนภูมิประเทศจริงยิ่งดีขึ้น ดังแสดงให้เห็นตัวอย่างของภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขของกล้อง กล้อง DMC III และกล้อง DMC I ต่อไปนี้



ภาพที่ 6 ตัวอย่างภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขจากกล้อง DMC III ที่มีค่า GSD 5 เซนติเมตร



ภาพที่ 7 ตัวอย่างภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขจากกล้อง DMC III ที่มีค่า GSD 23 เซนติเมตร

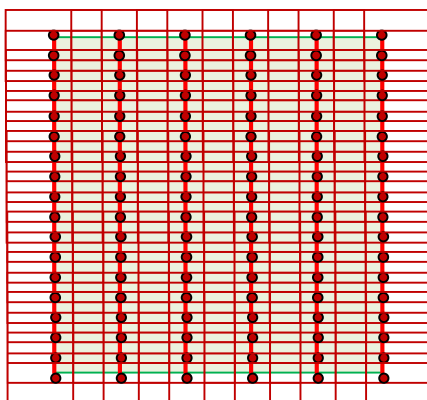


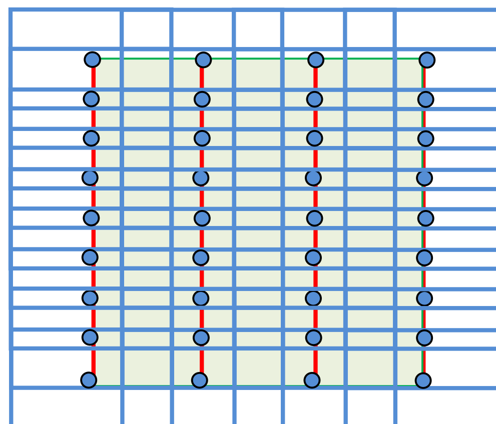
ภาพที่ 8 การเปรียบเทียบภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขจากกล้อง DMC I และ DMC III เมื่อถ่ายภาพที่ระดับความสูง 18,000 ฟุต ภาพซ้าย: ภาพจากกล้อง DMC I ภาพขวา: ภาพจากกล้อง DMC III

จากภาพที่ 6จะเห็นได้ว่ากล้องถ่ายภาพทางอากาศจากกล้อง DMC III ให้ภาพถ่ายทางอากาศที่มีความละเอียดคมชัดสูงมาก สามารถมองเห็นและจำแนกรายละเอียดภูมิประเทศได้อย่างชัดเจน เช่น รูปทรงของอาคารต่างๆ ช่องระบายอากาศบนหลังคาอาคาร รถยนต์ รถจักรยานยนต์ เสาไฟฟ้า ไม่พุ่มขนาดเล็ก รวมไปถึง ผู้คน เช่นเดียวกับในภาพที่ 7 ถึงแม้ว่าจะมีค่า GSD ที่สูงกว่าคือ 23 เซนติเมตร แต่ยังสามารถให้รายละเอียดของสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ยานพาหนะ พืชพรรณ เส้นถนน ได้อย่างชัดเจน

เมื่อนำภาพถ่ายทางอากาศจากกล้อง DMC IIIมาเปรียบเทียบกับภาพถ่ายทางอากาศจากกล้อง DMC I โดยใช้ภาพที่ถ่ายจากระดับความสูงเดียวกัน ดังตัวอย่างในภาพที่ 8พบว่า เมื่อขยายภาพที่ระดับ 500% ภาพจากกล้อง DMC III ยังแสดงให้เห็นรายละเอียดของภูมิประเทศได้อย่างชัดเจน ในขณะที่ภาพจากกล้อง DMC I นั้นรายละเอียดบนภาพเริ่มไม่ชัดเจน ตัวอย่างเช่น รถยนต์ พุ่มไม้ขนาดเล็ก ขอบเขตของสิ่งปลูกสร้าง เป็นต้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากค่า GSD ของภาพจากกล้อง DMC III ดีกว่า GSD ของภาพจากกล้อง DMC I ถึงเกือบ 60%

นอกจากนี้ยังมีข้อได้เปรียบอื่นๆของการผลิตภาพถ่ายทางอากาศด้วยกล้อง DMC III ได้แก่การลดค่าใช้จ่ายและเวลาที่ใช้ในการบินถ่ายภาพทางอากาศ เนื่องจากจำนวนแนวบินและจำนวนภาพถ่ายทางอากาศในการวางแผนการบินและการประมาณค่าใช้จ่ายสำหรับการบินถ่ายภาพด้วยกล้อง DMC III นั้นลดลงเมื่อเทียบกับกล้องDMC I การจัดการข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศสามารถทำได้ง่ายขึ้น ประหยัดเนื้อที่ในการจัดเก็บข้อมูลภาพมากขึ้นกล้องDMC III มีกรอบภาพขนาดใหญ่ รวมถึงมีขนาดของจุดภาพที่เล็กมาก ทำให้สามารถบินถ่ายภาพทางอากาศที่มีค่า GSD ตามที่ต้องการ ด้วยความสูงบินที่มากกว่าการใช้กล้อง DMC I และได้พื้นที่ครอบคลุมต่อหนึ่งภาพมากกว่าถึงประมาณ 3.5 เท่าการบินถ่ายภาพทางอากาศด้วยความสูงบินที่สูงกว่า นอกจากจะช่วยลดเวลาในการทำงานแล้ว ยังเป็นผลดีต่อภาพ เพราะช่วยลดความคลาดเคลื่อนเนื่องจากความสูงต่ำของภูมิประเทศ (Relief Displacement) ได้อีกด้วย ตัวอย่างการวางแผนการบินถ่ายภาพทางอากาศด้วยกล้อง DMC III และ DMC I ในภาพที่ 9กำหนดให้พื้นที่ 10 x 10 ตารางกิโลเมตรGSD 20 เซนติเมตร ส่วนซ้อน 60% และส่วนเกย 30%





ภาพที่ 9 ตัวอย่างจำนวนแนวบินและจำนวนภาพถ่ายทางอากาศที่ได้จากการวางแผนการบินถ่ายภาพทางอากาศ เพื่อประมาณค่าใช้จ่าย และเวลาในการปฏิบัติงาน ด้านซ้ายจากกล้อง DMC I ด้านขวาจากกล้อง DMC III

5. วิจารณ์ผลและสรุปผล

กล้องถ่ายภาพทางอากาศเชิงเลขในปัจจุบันต้องมีคุณลักษณะเฉพาะที่ยอดเยี่ยมและสามารถผลิตภาพถ่ายทางอากาศที่มีคุณภาพสูง ให้ค่า GSD ที่ต่ำ ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญในการบ่งบอกความละเอียดเชิงพื้นที่ของภาพกล้อง Leica DMC III เป็นกล้องถ่ายภาพทางอากาศเชิงเลขชนิดหนึ่งที่ตอบสนองความต้องการดังกล่าวได้เป็นอย่างดี เมื่อเปรียบเทียบกับกล้อง Z/I DMC I แล้ว แสดงให้เห็นถึงเทคโนโลยีการถ่ายภาพที่มีก้าวหน้าและมีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง ข้อได้เปรียบที่เห็นได้ชัดได้แก่

5.1 กล้อง DMC III เป็นกล้องถ่ายภาพทางอากาศแบบกรอบเดี่ยว ที่กรอบภาพมีขนาดใหญ่ที่สุดในโลก (The world's largest single frame camera)(Leica Geosystems AG, 2015)ต่างจากกล้อง DMC I ที่กรมแผนที่ทหารใช้อยู่ ซึ่งใช้ภาพจากเลนส์ที่มีขนาดเล็กกว่าจำนวน 4 เลนส์มาประกอบกันเป็นภาพขนาดใหญ่

5.2 Sensor รับภาพแบบ CMOS ชนิดใหม่ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อใช้บนอากาศยานโดยเฉพาะ ได้ถูกนำมาใช้กับกล้อง DMC III จึงมีข้อได้เปรียบในการตอบสนองอย่างรวดเร็วของตัว Sensor และใช้พลังงานน้อยกว่า CCD ในกล้อง DMC I

5.3 ความยาวโฟกัสของกล้อง (Focal Length) มีขนาด 92 mm. แม้ว่าความยาวโฟกัสจะสั้นกว่ากล้อง DMC I แต่ในขณะเดียวกัน ขนาดของจุดภาพ (Pixel size) ของกล้อง DMC III มีขนาดเล็กลงมาก เหลือเพียง 3.9 ไมครอน เท่านั้น

5.4 ภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขมีขนาด 14,592 x 25,728 จุดภาพ หรือประมาณ 375 ล้านจุดภาพ ครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ขึ้น โดยมากกว่าภาพจาก DMC I ประมาณ 3.5 เท่า และมากกว่าภาพจากกล้องยี่ห้ออื่นในระดับเดียวกันถึง 25%

5.5 ความละเอียดเชิงรังสี (Radiometric resolution) เพิ่มขึ้นเป็น 14 bit ซึ่งในกล้อง DMC I มีความละเอียด 12 bit

5.6 ความจุของหน่วยบันทึกข้อมูลภาพบนอากาศยานของกล้อง DMC III มีขนาด 6.4 TB หรือสามารถบันทึกภาพได้ประมาณ 5,800 ภาพเพิ่มขึ้นจากกล้อง DMC I 4 เท่า

ด้วยคุณลักษณะเฉพาะดังที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้กล้อง DMC III สามารถปฏิบัติงานบินถ่ายภาพทางอากาศที่ระดับความสูงมาก แต่ได้ค่า GSD ที่ต่ำ จึงเป็นข้อได้เปรียบที่สำคัญในการลดค่าใช้จ่ายลดระยะเวลาในการดำเนินงาน อีกทั้งช่วยลดความคลาดเคลื่อนเนื่องจากความสูงต่ำของภูมิประเทศ รวมไปถึงใช้พื้นที่ในการจัดเก็บลดลงด้วย

6. ข้อเสนอแนะ

ในบทความนี้เป็นการศึกษาและเปรียบเทียบข้อมูลกล้องถ่ายภาพทางอากาศเชิงเลข และผลผลิตภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขเฉพาะจากกล้อง DMC เท่านั้น ปัจจุบันมีกล้องถ่ายภาพทางอากาศเชิงเลขในรูปแบบ Large Format อีกหลายชนิดด้วยกัน จึงควรมีการศึกษาและเปรียบเทียบกล้อง DMC III กับ กล้องชนิดอื่นๆ เพื่อประเมินคุณสมบัติและความสามารถของกล้องถ่ายภาพทางอากาศเชิงเลขแต่ละชนิด นอกจากนี้ผลผลิตภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขของกล้อง DMC III ที่มีความละเอียดคมชัดสูงมากขึ้น รวมไปถึงความละเอียดเชิงรังสีที่มีมากขึ้น ไม่เพียงแต่นำไปใช้ประโยชน์เพื่อการทำแผนที่เท่านั้น หน่วยงานต่างๆทั้งของภาครัฐและภาคเอกชนยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการพัฒนาประเทศในหลายๆด้าน กรมแผนที่ทหารมีความยินดีและพร้อมที่จะให้การสนับสนุนในการผลิตและบริการภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขทั้งจากกล้อง DMC I ที่มีอยู่ในปัจจุบัน และ กล้อง DMC III ที่จะเริ่มปฏิบัติงานตั้งแต่ปี พ.ศ.2559 เป็นต้นไป

เอกสารอ้างอิง

กรมแผนที่ทหาร (2014).รายงานผลการบินถ่ายภาพทางอากาศ สนับสนุนโครงการ ปรับปรุงแก้ไขแผนที่ชุด L7018 มาตราส่วน 1:50,000 ระยะที่ 2. กรุงเทพมหานคร: กรมแผนที่ทหาร.

K. Jacobsen (2010).DEVELOPMENT OF DIGITAL AERIAL CAMERA,ISPRS Istanbul Workshop 2010 on Modeling of optical airborne and spaceborne Sensors, WG I/4, Oct. 11-13, IAPRS Vol. XXXVIII-1/W17

Leica Geosystems AG (2015). Leica DMC III Airborne Mapping Solution.Retrieved October 22, 2015, from: http://www.leica-geosystems.com/en/Leica-DMC-III-Airborne-Mapping-Solution_106649.htm

Neumann, K. (2005). Digital Aerial Cameras. Intergraph Z/I Deutschland GMBH (2005): 1-5.

การประเมินประสิทธิภาพข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข ผ่านกระบวนการรับรู้ของมนุษย์

The efficiency of Digital Aerial Photo via human perception process

ธาราวิทย์ เสวกดรุณทร และ ภิญโญ วรเกษตร

Tarawit Swegdaroontorn and Pinyo Warakaset

กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย

โทรศัพท์ 02-256-5801 e-mail: tarawitrtsd@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาการประเมินประสิทธิภาพข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข ผ่านกระบวนการรับรู้ของมนุษย์ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพ ของการตีความจำแนกรายละเอียดภูมิประเทศ ด้วยข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศดัดแก้เชิงเลข และเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ของการตีความจำแนกรายละเอียดภูมิประเทศระหว่าง ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศดัดแก้เชิงเลข และ ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขต้นฉบับ จากการประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์และจากสายตามนุษย์ ตามแนวทางการปรับปรุงแผนที่ฐาน การศึกษาได้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข DMC ครอบคลุมพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก จำนวน 52 ภาพ มาใช้งาน โดยมีการรังวัดปรับแก้ทางเรขาคณิตข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข ด้วยการรังวัดข้อมูลจุดบังคับภาพถ่ายทางอากาศด้วยอุปกรณ์ รังวัดสัญญาณดาวเทียม GPS ยี่ห้อ Leica รุ่น SR 510 จำนวน 5 จุด แล้วนำมาประมวลผลเพื่อผลิตข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศดัดแก้เชิงเลข และดำเนินการประเมินประสิทธิภาพด้วยการสร้างแบบจำลองในคอมพิวเตอร์ เพื่อวัดค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง ค่าอัตราสัญญาณรบกวนเฉลี่ย รวมทั้งการประเมินด้วยสายตามนุษย์ มาประเมินประสิทธิภาพร่วมกัน

การศึกษาพบว่าบริเวณที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการตีความจำแนกรายละเอียดภูมิประเทศ ตามแนวทางการปรับปรุงแผนที่ฐาน คือบริเวณเส้นทางคมนาคมทางบก โดยการพิจารณาจาก 3 องค์ประกอบที่สำคัญ คือ ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง ค่าอัตราสัญญาณรบกวนเฉลี่ย และการประเมินด้วยสายตามนุษย์ โดยผลการศึกษาครั้งนี้สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงานด้านการตีความจำแนกรายละเอียดภูมิประเทศ จากข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข เพื่อการผลิตและปรับปรุงแผนที่ฐานได้ในอนาคตต่อไป

คำสำคัญ: ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข การจำแนกรายละเอียดภูมิประเทศ

Abstract

This research is to assess efficiency of Digital Aerial Photo via human perception process; the purpose is to evaluate efficiency of interpretation and topographical classification by using Digital Aerial Photo and making comparison between the interpretation of topographical classification by using Digital orthoPhoto and the original copy of Digital Aerial Photo obtained from electronic data processing and human visibility in accordance with improvement of the Basemap. This research uses Digital Aerial Photo (DMC) covering Muang District of Nakhon Nayok Province totally 52 images for functionality and there is improvement of geometrical surveying of Digital Aerial Photo by using Digital Aerial Photo

obtained from GPS devices , Leica brand, model: SR 510, totally 5 controlled points to be used as input data for processing in order to produce the improved Digital Aerial Photo and implementing efficient assessment by creating Digital Elevation Model (DEM) in computer in order to find the Root Mean Squared Error (RMSE), Modulating Signal to noise ratio (SNR) as well as the assessment conducted by human visibility is applied to evaluate the efficiency concurrently.

It is found in this research that the most efficient area of interpretation and topographical classification in accordance with improvement of the Basemap is the land transportation by considering from 3 main factors such as the Root Mean Squared Error (RMSE), Modulating Signal to noise ratio (SNR) and human visibility assessment.The research result can be used as guidelines in implantation and topographical classification by using Digital Aerial Photo in order to produce and improve the Basemap in the future.

KEY WORD: Digital Aerial Photo, Topographic Classification

1. บทนำ

ปัจจุบันด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัย ทำให้ทุกองค์กรต้องมีการพัฒนาตนเองอยู่ตลอดเวลา การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Analysis) จึงเป็นเครื่องมือสำคัญที่จะเข้ามามีบทบาทสูง ต่อการพัฒนาองค์กรอย่างเป็นพลวัต โดยข้อมูลสำคัญและมีความละเอียดสูงที่สุดที่จะใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ก็คือ ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข (Digital Aerial Photo) ดังนั้นการนำข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขที่มีประสิทธิภาพสูง มาใช้งานในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่จึงส่งผลดีต่อการพัฒนาองค์กรอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้การปรับแก้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขต้นฉบับให้มีความถูกต้องเชิงตำแหน่ง เพื่อให้เกิดเป็นข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศดัดแก้เชิงเลข (Digital Orthophoto) ที่มีความถูกต้องเชิงตำแหน่งสูงจึงเป็นกระบวนการสำคัญต่อการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ดังกล่าวในข้างต้น โดยการนำข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศดัดแก้เชิงเลข มาใช้งานเพื่อการวิเคราะห์เชิงพื้นที่นั้น สิ่งที่มีความนิยมสูงในปัจจุบันก็คือการนำมาวิเคราะห์และตีความด้วยสายตาของมนุษย์ ซึ่งการแปลภาพถ่ายทางอากาศเป็นการตีความหมายจากภาพถ่ายอากาศ ซึ่งการวิเคราะห์เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยผู้แปลต้องใช้ความชำนาญและสามารถ กล่าวคือ ความชำนาญในการปฏิบัติการ ความสามารถในด้านการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของภาพอย่างมีเหตุผล เพื่ออธิบายความแตกต่าง ความเกี่ยวพัน และจำแนกรายละเอียดของรูปแบบต่างๆที่ปรากฏในภูมิประเทศที่มีความซับซ้อนกันได้ เป็นอย่างดี

ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศดัดแก้เชิงเลข ผลิตจากข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ ซึ่งผ่านกระบวนการปรับแก้ความผิดเพี้ยนทางเรขาคณิตของการถ่ายภาพ และความสูงต่างของภูมิประเทศโดยมีระบบพิกัดอ้างอิง ผลลัพธ์ที่ได้คือ ภาพถ่ายที่ปรากฏรายละเอียดลักษณะสิ่งปกคลุมภูมิประเทศ ณ เวลาที่ทำการถ่ายภาพไว้ทั้งหมด มีมาตราส่วนและความถูกต้อง สามารถวัดพิกัด ทิศทาง ระยะทาง ขนาด และรูปร่างของวัตถุได้เช่นเดียวกับแผนที่ลายเส้น หรือแผนที่ภูมิประเทศเป็นภาพถ่ายที่ผ่านกระบวนการปรับแก้ความถูกต้องทางเรขาคณิตตามวิธี การทางโฟโตแกรมเมตรี ทำให้เป็นข้อมูลที่สามารถตรวจสอบระยะทางที่แท้จริงได้ เนื่องจากลักษณะของภาพถ่ายดาวเทียมโดยทั่วไปจะมีความผิดเพี้ยนทางตำแหน่งอัน เนื่องมาจากการเอียงของกล้องบันทึกภาพ (Tilt Displacement) และการเปลี่ยนตำแหน่งเนื่องจากความสูงต่ำของภูมิประเทศ (Relief Displacement)

ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศดัดแก้เชิงเลข เน้นการปรับแก้การเปลี่ยนตำแหน่ง โดยใช้ข้อมูลความสูงต่ำของประเทศในการปรับแก้ ซึ่งภาพที่ผ่านการปรับแก้จะมีความถูกต้องทางแนวราบ ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการตีความเพื่อจำแนกรายละเอียดภูมิประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากความเป็นมาที่ได้กล่าวมาในข้างต้น ส่งผลให้การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ของข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข ระหว่าง ข้อมูลภาพถ่ายอากาศเชิงเลขต้นฉบับ (Digital Aerial Photo –Raw Data)กับข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศดัดแก้เชิงเลขที่ปรับแก้แล้ว ผ่านการประเมินด้วยสายตาของมนุษย์ ด้วยการแปลความหมายภาพในข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข ซึ่งเป็นการแสดงลักษณะของวัตถุ ที่ปรากฏในข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข และหาความหมาย หรือความสำคัญของวัตถุเหล่านั้น โดยปัจจุบันมีผู้นำวิธีการนี้ไปใช้ในกิจการต่างๆ อย่างกว้างขวาง โดยการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จะทำการนำเข้าข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขต้นฉบับที่ยังไม่ผ่านการปรับแก้ทางเรขาคณิต มาดำเนินการปรับแก้ด้วยกระบวนการทางโฟโตแกรมเมตรี จากนั้นเมื่อได้ผลสำเร็จเป็นข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศดัดแก้เชิงเลขแล้ว ก็จะนำข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขต้นฉบับ และข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศดัดแก้เชิงเลข นำเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กแบบพกพา (Tablet) เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญ(expert) ทางด้านการวิเคราะห์ตีความข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ ดำเนินการแปลความหมายรายละเอียดภาพ โดยต้องอาศัยหลักการพิจารณาตามชั้นข้อมูลต่างๆที่มีใช้ในแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ทั้งนี้เพราะมนุษย์สามารถเข้าใจลักษณะภูมิประเทศ จากรภาพถ่ายทางเฉียงได้ดี แต่ถ้าเป็นภาพถ่ายทางดิ่งแล้ว อาจจะเกิดความลังเลไม่แน่ใจขึ้นได้ เพราะการมองภาพจากรูปถ่ายแนวดิ่ง ก็เหมือนกับการมองลงมาจากเครื่องบินนั่นเอง ผู้แปลความหมายข้อมูลภาพทางอากาศได้จะต้องศึกษา ฝึกฝน และต้องฝึกหัดทางความคิด เช่นเดียวกับการฝึกหัดทางการมองภาพ ทรวดทรง โดยหลักเกณฑ์สำคัญที่ใช้ในการพิจารณารายละเอียด ในข้อมูลถ่ายทางอากาศมีอยู่ด้วยกัน 7 ประการ ซึ่งทักษะเหล่านี้เป็นประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญและมีความสามารถในการวิเคราะห์ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้นำแนวความคิดและทฤษฎีมาเพื่อทำการประเมินและเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการตีความจำแนกรายละเอียดภูมิประเทศด้วยสายตามนุษย์ ระหว่างข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงตัวเลขต้นฉบับ กับ ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศดัดแก้เชิงเลขแล้ว ตามแนวทางการแบ่งชั้นข้อมูลที่สอดคล้องกับการผลิตแผนที่มูลฐาน มาตราส่วน 1:50,000 จากความสำคัญข้างต้นนั้นจึงได้นำมาสู่หัวข้องานวิจัย การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศผ่านกระบวนการรับรู้ของมนุษย์

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินประสิทธิภาพ ของการตีความจำแนกรายละเอียดภูมิประเทศ ด้วยข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศดัดแก้เชิงเลข ผ่านกระบวนการรับรู้ของมนุษย์

2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ของการตีความจำแนกรายละเอียดภูมิประเทศระหว่าง ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศดัดแก้เชิงเลข และ ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขต้นฉบับ ผ่านกระบวนการรับรู้ของมนุษย์

3. วิธีการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นที่จะหาการปรับแก้ทางเรขาคณิตภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขที่เหมาะสม เพื่อนำมาใช้สำหรับการจำแนกรายละเอียดภูมิประเทศ ตามแนวทางการปรับปรุงแผนที่มูลฐาน โดยนำข้อมูลที่นำมาใช้การวิจัยมีดังนี้

ภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข สำหรับการศึกษาครั้งนี้ ใช้ภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข DMC บันทึกภาพเมื่อวันที่ 26 มิถุนายน 2557 ครอบคลุมพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก มาเป็นภาพต้นฉบับในการศึกษา ซึ่งภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขเป็นข้อมูลที่ได้รับการสะท้อนค่าพลังงานด้วยช่วงคลื่นที่ตามนุษย์มองเห็นจึงทำให้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขจะอยู่ในลักษณะของภาพสี โดยแต่ละจุดภาพนั้นสามารถอ้างอิงกับพื้นที่จริงกับบนโลกได้ประมาณ 1 ตารางเมตร

แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหารปี พ.ศ. 2556

แผนที่ขอบเขตการปกครอง มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมการปกครอง ปี พ.ศ. 2552

แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2556

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลเอกสาร งานวิจัย ทั้งภาครัฐและเอกชน ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข และแบบทดสอบจากผู้มีประสบการณ์ทางด้านการสำรวจจำแนกรายละเอียดข้อมูลภูมิประเทศ ตามแนวทางการปรับปรุงแผนที่มูลฐาน โดยนำมาใช้เพื่อประเมินระดับการตีความจำแนกรายละเอียดข้อมูลภูมิประเทศ เพื่อการจำแนกรายละเอียดข้อมูลภูมิประเทศ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ขอความอนุเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข DMC และแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 จากกองทำแผนที่ กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย

ดำเนินการรังวัดเพื่อเก็บข้อมูลจุดบังคับภาพถ่าย ด้วยกระบวนการรังวัดแบบสถิตย์

จากขอบเขตพื้นที่ศึกษา บริเวณ อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก ประกอบด้วยการใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขจำนวน 28 ที่ทำการบันทึกภาพเมื่อวันที่ 25 มิถุนายน 2557 ได้แก่ภาพหมายเลข 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 513 584 585 586 587 588 589 590 591 592 593 594 595 596 และ 597 โดยทำการเลือกจุดบังคับภาคพื้นดินจำนวน 5 จุดได้แก่ GCP01 GCP02 GCP03 GCP05 และ GCP06 ดังภาพประกอบ



ภาพประกอบ จุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดินทั้ง 5 จุด

อุปกรณ์ที่ใช้ในการรังวัดจุดบังคับภาคพื้นดินด้วยดาวเทียมจีพีเอส

ใช้เครื่องรังวัดสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสยี่ห้อ Leica รุ่น SR510 จำนวน 4 เครื่องดังภาพ

กล่องเครื่องมือ
สายเชื่อมต่อสัญญาณ
แผ่นการ์ดบันทึกข้อมูล
จานรับสัญญาณ
ตลับเทปวัดระยะ
ควงสูง
เครื่องควบคุม Leica sr510
แบตเตอรี่ภายนอก
ควงสามเส้า



ภาพประกอบ เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส Leica SR510 และขาตั้งกล้อง Leica

การออกแบบโครงข่ายการรังวัด

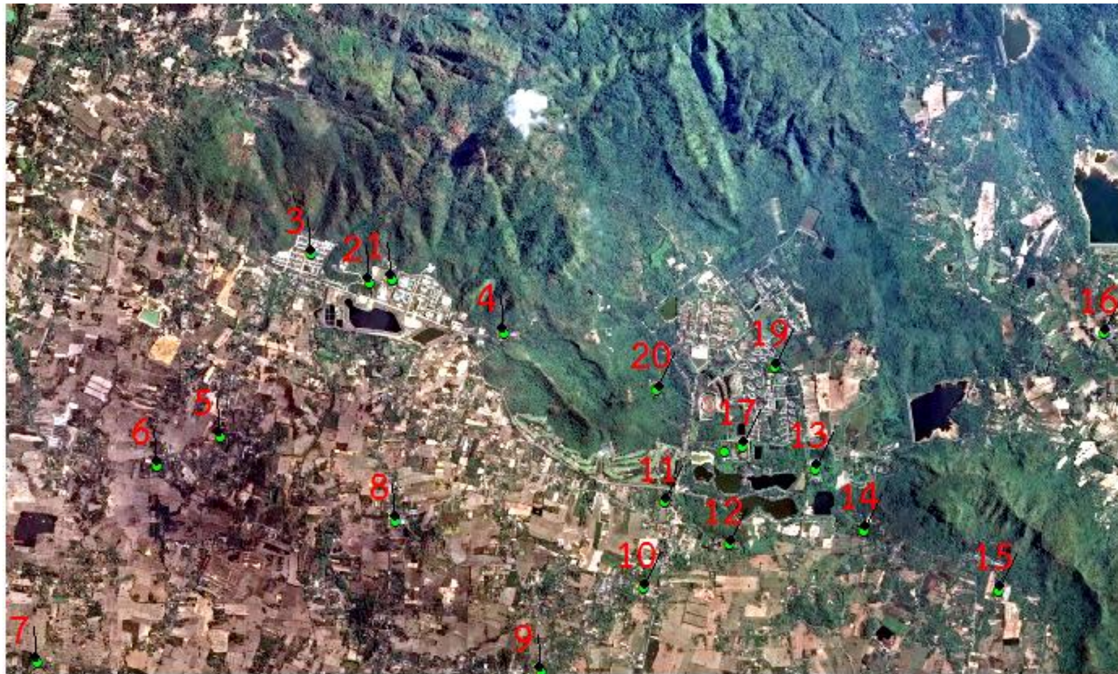
แบ่งการรังวัดออกเป็น 3 คาบการทำงานใช้เวลาคาบการทำงานละ 50 นาที โดยรังวัดเชื่อมโยงกับหมุดหลักฐานทางราบ GPS3509 ดังภาพ



ภาพประกอบ การออกแบบโครงข่ายการรังวัด

Session 1 ลูกศรสีแดง : Session 3,5 ลูกศรสีน้ำเงิน : Session 4 ลูกศรสีเหลือง

ขอความอนุเคราะห์ข้อมูลแผนที่ ขอบเขตการปกครอง และข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากสำนักงานพัฒนาที่ดินจังหวัดนครนายก



ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดนครนายก ที่ผ่านการปรับแก้ทางเรขาคณิต

การรวมผลการประเมินระดับคะแนน ประเมินจากการใช้แบบจำลองในคอมพิวเตอร์และการประเมินจากผู้มีประสบการณ์ ในการใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขเพื่อการจำแนกรายละเอียดข้อมูลภูมิประเทศ ตามแนวทางปรับปรุงแผนที่มูลฐาน จากหน่วยงานภาครัฐ เอกชน และรัฐวิสาหกิจ

การวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อประเมินระดับคะแนนการจำแนกรายละเอียดจำแนกรายละเอียดข้อมูลภูมิประเทศ ตามแนวทางการปรับปรุงแผนที่มูลฐาน มีขั้นตอนดังนี้

ทำการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่มีความเกี่ยวข้องกับการปรับแก้ทางเรขาคณิตภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขและวิธีการปรับแก้ทางเรขาคณิตที่นิยมใช้ในปัจจุบัน รวมถึงศึกษากระบวนการสำหรับวัดประสิทธิภาพของภาพเพื่อประเมินระดับคะแนน เพื่อใช้ในการจำแนกรายละเอียดภูมิประเทศตามแนวทางการปรับปรุงแผนที่มูลฐาน

นำข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข DMC ภายในขอบเขตของจังหวัดนครนายก มาเป็นภาพต้นแบบเพื่อจะนำมาเปรียบเทียบกับภาพที่ได้ผ่านการปรับแก้ทางเรขาคณิตมาแล้ว หลังจากนั้นทำการนำเข้าข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข DMC เข้าสู่โปรแกรม ERDAS IMAGINE 2014 โดยจะทำการปรับแก้ทางเรขาคณิตภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข

ทำการส่งผ่านข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขที่ผ่านการปรับแก้ทางเรขาคณิต ซึ่งอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กแบบพกพา

นำภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข DMC ที่ผ่านกระบวนการปรับแก้ทางเรขาคณิตในแต่ละระดับมาตรวจสอบเพื่อหาความเหมาะสมเพื่อใช้ในการจำแนกรายละเอียดภูมิประเทศตามแนวทางการปรับปรุงแผนที่มูลฐาน จากนั้นจึงให้ผู้สังเกตการทดลองจำนวน 5 คน ซึ่งเป็นผู้มีความรู้และมีประสบการณ์การใช้ภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขเพื่อการจำแนกรายละเอียดภูมิประเทศ โดยผู้สังเกตการณ์ทดลองจะเป็นบุคคลากรที่ทำงานด้านสำรวจข้อมูลภูมิประเทศด้วยภาพถ่ายทางดาวเทียม จากกรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย รวมทั้งหน่วยงานภาครัฐ เอกชน และรัฐวิสาหกิจอื่นๆ

การวิจัยได้กำหนดปัจจัยสำหรับการทดลอง โดยการจะทำการพิจารณาภาพจากองค์ประกอบการจำแนกภาพ คือ รูปร่าง (Shape) ความหยาบละเอียด (Texture) ที่ตั้ง (Site) และรูปแบบ (Pattern) ซึ่งผู้วิจัยจะกำหนดพื้นที่ซึ่งเป็นประโยชน์ไปตามแนวทางการปรับปรุงแผนที่มูลฐาน สำหรับพื้นที่ให้ความสนใจนั้นจะเป็นไปตามชั้นข้อมูลที่กำหนดได้แก่ รายละเอียดเกี่ยวกับพื้นที่เส้นทางคมนาคมทางบก รายละเอียดเส้นทางน้ำ รายละเอียดเกี่ยวกับบริเวณพืชพรรณ และรายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูลการบินโดยการทำการทดลองนั้นจะพิจารณาจากภาพบนจอแสดงผลบนเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กแบบพกพา

ให้ผู้สังเกตการณ์การทดลอง ทำการให้คะแนนด้วยการเทียบระหว่างภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขต้นฉบับและภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขที่ผ่านการปรับแก้ทางเรขาคณิต โดยให้เปรียบเทียบความรู้สึกในการรับรู้ภาพ โดยใช้แนวคิดด้านการจำแนกรายละเอียดจำแนกรายละเอียดข้อมูลภูมิประเทศเป็นหลัก จากนั้นก็ให้คะแนนค่าเฉลี่ยความคิดเห็น ที่มีระดับการให้คะแนนคือ ค่าของคะแนน 5 4 3 2 และ 1 โดยจะเป็นการแสดงความคิดเห็นต่อคุณภาพของภาพที่ผ่านการปรับแก้ทางเรขาคณิตที่ระดับต่างๆ

ดำเนินการสร้าง แบบจำลอง ในโปรแกรมสำเร็จรูป ERDAS IMAGINE 2014 ด้วยกระบวนการ Function Modeler เพื่อวิเคราะห์หา ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง และค่าอัตราสัญญาณรบกวนเฉลี่ย ซึ่งมีรายละเอียดของการสร้างสมการทดสอบดังต่อไปนี้

ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองทางตำแหน่งของจุดภาพ (Root Mean Square Error : e_{rms})ถ้ากำหนดให้ $f(x,y)$ แทนข้อมูลภาพต้นฉบับ หรือ ภาพนำเข้าและ $f'(x,y)$แทนภาพที่ผ่านการปรับแก้สำหรับ x และ y ใดๆ แล้ว ค่าความคลาดเคลื่อน $e(x,y)$ระหว่าง $f(x,y)$และ$f'(x,y)$ สามารถหาได้จากสมการ

$$e(x,y) = f(x,y) - f'(x,y)$$

ดังนั้นค่าเฉลี่ยค่าความคลาดเคลื่อนจองภาพต้นฉบับขนาด M x N จะได้ดังสมการ 2.2

ค่าความคลาดเคลื่อนทั้งหมด $= \frac{1}{M \times N} \sum_{X=0}^{M=1} \sum_{Y=0}^{N=1} [f'(x,y) - f(x,y)^2]$

และค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองระหว่าง $f(x,y)$ และ $f'(x,y)$สามารถหาได้จากสมการ

$$\mathrm{e_{rms}} = \sqrt{\frac{1}{M \times N} \sum_{X=0}^{M=1} \sum_{Y=0}^{N=1} [f'(x,y) - f(x,y)^2]}$$

เมื่อ

M	=	จำนวนจุดภาพตามความกว้างของภาพ
N	=	จำนวนจุดภาพตามความยาวของภาพ
$f(x,y)$	=	ค่าจุดภาพที่ตำแหน่งใดๆ ของภาพต้นฉบับ
$f'(x,y)$	=	ค่าจุดภาพที่ตำแหน่งใดๆ ของภาพที่ผ่านการปรับแก้

ถ้าค่า e_{rms}มีค่าน้อยแสดงว่า ภาพที่ปรับแก้มีคุณภาพดี

ค่าอัตราสัญญาณรบกวนเฉลี่ย (Mean Square Signal to Noise Ratio: SNR_{ms}) บางกรณีเกณฑ์การวัดความถูกต้อง อาจแสดงด้วยอัตราสัญญาณรบกวนเฉลี่ยของภาพที่ผ่านกระบวนการคลายคืนกลับออกมา ถ้าพิจารณาภาพที่ปรับแก้และคลายกลับมา $f'(x,y)$เป็น สัญญาณและค่าความคลาดเคลื่อนเป็นสัญญาณรบกวน จะหาค่าอัตราสัญญาณรบกวนเฉลี่ยจากสมการ

$$SNR_{MS} = \sqrt{\frac{\sum_{X=0}^{M=1}\sum_{Y=0}^{N=1} f'(x,y)^2}{\sum_{X=1}^{M=1}\sum_{Y=0}^{N=1}[f'(x,y) - f(x,y)]^2}}$$

เมื่อ

M	=	จำนวนจุดภาพตามความกว้างของภาพ
N	=	จำนวนจุดภาพตามความยาวของภาพ
$f(x,y)$	=	ค่าจุดภาพที่ตำแหน่งใดๆ ของภาพต้นฉบับ
$f'(x,y)$	=	ค่าจุดภาพที่ตำแหน่งใดๆ ของภาพที่ผ่านการปรับแก้

ถ้าค่า SNR_{MS}มีค่ามากแสดงว่า ภาพการปรับแก้มีคุณภาพดี

ตารางที่ 1 การประเมินผลคุณภาพของภาพจากแบบทดสอบ

ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข	ภาพชุดที่1 อัตราการปรับแก้ทางเรขาคณิต	ภาพชุดที่2 อัตราการปรับแก้ทางเรขาคณิต	ภาพชุดที่3 อัตราการปรับแก้ทางเรขาคณิต	ภาพชุดที่4 อัตราการปรับแก้ทางเรขาคณิต	ภาพชุดที่5 อัตราการปรับแก้ทางเรขาคณิต
รูปร่าง	x	x	x	x	x
รูปแบบ	x	x	x	x	x
ขนาด	x	x	x	x	x
เนื้อภาพ	x	x	x	x	x
ความเกี่ยวพัน	x	x	x	x	x

หมายเหตุ : x คือ การให้คะแนนที่ได้จากผู้สังเกตการณ์ทดลอง

ทำการรวบรวมผลคะแนนเฉลี่ย ที่ได้จากผู้สังเกตการทดลองทั้ง 10 คน เพื่อนำมาประเมินคุณภาพของภาพและสรุปผลพิจารณาการจำแนกรายละเอียดภาพ ประเมินคะแนน เพื่อใช้ในการจำแนกรายละเอียดภูมิประเทศตามแนวทางการปรับปรุงแผนที่มูลฐานมาตราส่วน 1: 50,000

เกณฑ์การรวบรวมคะแนนเพื่อหาค่าเฉลี่ยความคิดเห็นนั้น คำนวณจากความน่าจะเป็นในการเลือกคำตอบจากผู้สังเกตการทดลอง ถ้าหากผู้สังเกตการทดลองให้คะแนนความคิดเห็นในทุกปัจจัย ดีมากแสดงว่าความน่าจะเป็นของคะแนนค่าเฉลี่ยที่สูงสุด คือ 25 และถ้าผู้สังเกตการทดลองให้คะแนนความคิดเห็นในทุกปัจจัยต่ำมาก แสดงว่าความน่าจะเป็นของคะแนนค่าเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด คือ 5 จากนั้นผู้วิจัยจึงแบ่งช่วงคุณภาพของภาพออกเป็น 5 ช่วงคะแนน คือ สูงมาก สูง ปานกลาง ต่ำ และ ต่ำมาก

ตารางที่ 2 แสดงการให้คะแนนของวิธีเฉลี่ยความเห็น

ระดับคะแนน	คุณภาพของภาพ	คำอธิบาย
21.01-25.00	สูงมาก	สามารถจำแนกรายละเอียดได้ชัดเจน
17.01-21.00	สูง	สามารถจำแนกรายละเอียดได้บางส่วน
13.01-17.00	ปานกลาง	สามารถจำแนกรายละเอียดได้ไม่ครบถ้วน
9.01-13.00	ต่ำ	สามารถจำแนกรายละเอียดได้บางส่วนเท่านั้น
5.00-9.00	ต่ำมาก	ไม่สามารถจำแนกรายละเอียดได้เลย

สรุปผลการประเมินคะแนนภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขที่ผ่านการปรับแก้ทางเรขาคณิตเพื่อให้ทราบคุณภาพของภาพที่เหมาะสมและสามารถนำไปใช้ในการจำแนกรายละเอียดภูมิประเทศ

นำภาพต้นฉบับและภาพที่ผ่านการปรับแก้ทางเรขาคณิต มาทำการจำแนกภาพดาวเทียมด้วยคอมพิวเตอร์ (Automatic classification) ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้การจำแนกภาพดาวเทียมแบบไม่มีการกำกับ (Unsupervised classification) เพื่อเป็นขั้นตอนในการจัดกลุ่มข้อมูลที่มีลักษณะที่คล้ายกันเข้าด้วยกัน โดยอาศัยเครื่องมือการจำแนกในโปรแกรม ERDAS IMAGINE

กำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่าง (Cluster) ที่ต้องการจำแนกโดยอ้างอิงตามชั้นข้อมูลที่ต้องใช้ในการสำรวจจำแนกรายละเอียดจำแนกรายละเอียดข้อมูลภูมิประเทศ ตามแนวทางการปรับปรุงแผนที่มูลฐาน ซึ่งจะใช้ค่าความสว่างของจุภาพ ที่คล้ายคลึงกัน ในการจัดกลุ่มตัวอย่างนั้นจะกำหนดชั้นข้อมูลประเภทของข้อมูลทีใช้ในการแบ่งเพื่อสำรวจจำแนกรายละเอียดจำแนกรายละเอียดข้อมูลภูมิประเทศ ตามแนวทางการปรับปรุงแผนที่มูลฐาน โดยจะเลือกใช้วิธี ISODATA Cluster (The Iterative Self-Organization Data Analysis Technique) ซึ่งมีหลักการในการคัดเลือกจุดภาพเข้าสู่กลุ่มตัวอย่าง โดยดูจากระยะห่างน้อยที่สุดจากจุดศูนย์กลางกลุ่ม คือจะเลือกตามค่าความสว่างของจุดภาพไปเรื่อยๆโดยเลือกให้อยู่ในกลุ่มที่มีศูนย์กลางใกล้กับจุดภาพมากที่สุดและทำซ้ำเรื่อยๆไปจนครบทุกจุดภาพ

4. ผลการวิจัย

ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาเพื่อประเมินประสิทธิภาพการปรับแก้ทางเรขาคณิตข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขที่เหมาะสมสำหรับการตีความจำแนกรายละเอียดทางภูมิประเทศตามแนวทางปรับปรุงแผนที่มูลฐาน สามารถสรุปผลได้ดังนี้

4.1ปัจจัยด้านค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองทางตำแหน่งของจุดภาพ โดยค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองทางตำแหน่งของจุดภาพ มีค่าต่ำสุดที่บริเวณเส้นทางคมนาคมทางบก แสดงว่า เส้นทางคมนาคมทางบกมีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้งานมากที่สุดทางด้านปัจจัยเกี่ยวกับค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองทางตำแหน่งของจุดภาพ

4.2 ปัจจัยด้านค่าอัตราสัญญาณรบกวนเฉลี่ย โดยค่าอัตราสัญญาณรบกวนเฉลี่ย มีค่าสูงที่สุดที่เส้นทางคมนาคมทางบกแสดงว่า เส้นทางคมนาคมทางบกมีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้งานมากที่สุดทางด้านปัจจัยเกี่ยวกับค่าอัตราสัญญาณรบกวนเฉลี่ย

4.3 ปัจจัยด้านการประเมินผลจากผู้สังเกตการทดลอง โดยการรวบรวมคะแนนแสดงให้เห็นว่า การปรับแก้ทางเรขาคณิตที่มีความเหมาะสมสูงที่สุดในการตีความจำแนกรายละเอียดภูมิประเทศตามแนวทางการปรับปรุงแผนที่มูลฐาน คือ บริเวณเส้นทางคมนาคมทางบก

5. วิจารณ์ผลและสรุปผล

การศึกษาครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการปรับแก้ทางเรขาคณิตในบริเวณที่มีความเหมาะสม เพื่อตีความจำแนกรายละเอียดภูมิประเทศ ตามแนวทางการปรับแผนที่มูลฐาน มาตราส่วน 1:50,000 ผลการศึกษาพบว่าการปรับแก้ทางเรขาคณิตที่มีความเหมาะสมสูงที่สุดคือบริเวณเส้นทางคมนาคมทางบกเนื่องจากเป็นบริเวณการปรับแก้ทางเรขาคณิตที่ได้รับคะแนนสูงที่สุดจากการพิจารณาปัจจัยทั้ง 3 ประการ ได้แก่ ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองทางตำแหน่งของจุดภาพ ค่าอัตราสัญญาณรบกวนเฉลี่ย และผลการประเมินคะแนนจากผู้สังเกตการทดลอง นอกจากนี้ยังเป็นการแสดงให้เห็นถึงคุณภาพของข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข DMC ที่ผ่านการปรับแก้ทางเรขาคณิต ว่ามีการเปลี่ยนแปลงทางสถิติซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการทำงานด้านการตีความจำแนกรายละเอียดภูมิประเทศ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษานั้น จะเป็นประโยชน สำหรับการปรับปรุงแผนที่มูลฐานด้วยข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น เนื่องจากจะมีส่วนช่วยทางด้านการวางแผนการปฏิบัติงานในสำนักงาน รวมถึงการทำงานภาคสนาม ให้มีความสะดวกรวดเร็วและเป็นไปอย่างถูกต้องกับหลักเกณฑ์ที่กำหนดในการทำงาน โดยผลการวิจัยในครั้งนี้จะเป็นสิ่งสำคัญเพื่อใช้สำหรับการความคุมประสิทธิภาพของการปรับปรุงแผนที่ข้อมูล ให้ถูกต้องตามมาตรฐานการปฏิบัติงานที่กำหนดไว้

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 การศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข DMC เนื่องจากข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขชนิดนี้ได้มีการนำมาใช้สำหรับการตีความจำแนกรายละเอียดภูมิประเทศ เพื่อการปรับปรุงแผนที่ฐาน ซึ่งในอนาคตควรจะมีการศึกษาเพิ่มเติม โดยการนำข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขชนิดอื่นที่มีความแตกต่างทางด้านความละเอียดของข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขหรือข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายะเอียดสูงมาทำการปรับแก้ทางเรขาคณิต เช่น ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข ADS ข้อมูลภายถ่ายดาวเทียม IKONOS ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม QUICKBIRD ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WORLDVIEW เป็นต้น เนื่องจากข้อมูลภาพทางอากาศเชิงเลขที่มีความละเอียดสูง ควรมีการปรับแก้ทางเรขาคณิตให้มีความถูกต้องสูง ดังนั้นจึงมีความน่าสนใจที่จะศึกษาเพื่อการนำข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขไปประยุกต์ใช้ในงานประเภทต่างๆ โดยที่ยังคงรักษามาตรฐานของงานได้เป็นอย่างดี

6.2 การศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้ ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข DMC ช่วงคลื่นที่เป็นภาพสี ซึ่งจะมุ่งเน้นในการตีความจำแนกรายละเอียดภูมิประเทศ ตามแนวทางการปรับปรุงแผนที่มูลฐาน ดังนั้นหากต้องการศึกษาวิจัยที่มีความมุ่งเน้นในงานด้านอื่น จึงควรเลือกใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขที่บันทึกด้วยช่วงคลื่นอื่นๆ มาทำการ ปรับแก้ทางเรขาคณิตและศึกษาเพิ่มเติม

เอกสารอ้างอิง

กรมแผนที่ทหาร. (2548). โรงเรียนแผนที่. **การสำรวจจำแนกรายละเอียดในภูมิประเทศ**. กรุงเทพฯ:

กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการทหารสูงสุด. (เอกสารไม่ตีพิมพ์).
กรมแผนที่ทหาร. (2548). กองทำแผนที่. **คุณลักษณะการทำงานของกองทำแผนที่**. กรุงเทพฯ: กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการทหารสูงสุด. (เอกสารไม่ตีพิมพ์).

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. (2547). **ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ**. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

Gonzalez, R.C.; & Woods,R.E. (2002). **Digital Image Processing**. Second Edition. New Jersey: Prentice Hall.

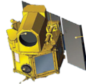
Nelson, M.; & Gailly, J. (1996). **The data compression book**. 2nd ed. U.S.A.: M&T Books.

Umbaugh, S.E. (1998). C**omputer vision and image processing: A practical approach usingCVIP tools**. New Jersey, U.S.A.: Prentice-Hall.

LEARN GISTDA

เว็บไซต์แห่งการเรียนรู้เทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ

สัมผัสโลกในมุมใหม่
ที่คุณอาจยังไม่เคยรู้



LEARN.GISTDA.OR.TH

SPACE INSPIRIUM

เติมจินตนาการ สร้างแรงบันดาลใจ

"เข้าชมฟรี"

วันนี้ - 9 เมษายน 2559

แหล่งเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เข้าชมแล้วเกิดแรงบันดาลใจ

นำไปสู่จินตนาการ เหนือความรู้ทั้งปวง

ณ อุทยานรังสรรค์นวัตกรรมอวกาศ สทอภ.

อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี

SPACEINSPIRIUM



GEOINFOTECH2016



สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)
ศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ อาคารรัฐประศาสนภักดี ชั้น 6-7 ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210
โทรศัพท์ 0 2141 4600-11 โทรสาร 0 2143 9594-5